PEMANFAATAN BIJI KELOR (Moringa oleifera) SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN KADAR FOSFAT (PO4) DAN AMONIAK (NH3) PADA AIR LIMBAH RUMAH SAKIT

A. Muhammad Fadhil Hayat[1)], St. Mu'tamirah[2)]
Dosen Prodi Sanitasi Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

ABSTRACT

One alternative to solving the problem of wastewater treatment is to treat wastewater using Moringa seeds as a natural coagulant. Moringa seeds contain the bioactive compound rhamnosyloxy-benzil isothiocyanate, which is able to adsorb and neutralize mud and metal particles contained in suspension waste with dirt particles floating in water, so it is very potential to be used as a natural coagulant to clean water.

This research was conducted to determine the method of wastewater treatment by using Moringa Oleifera Seeds for Phosphate (PO4) and Ammonia (NH3) Content in Hospital Wastewater, and calculating the difference in weight variations of Moringa oleifera seeds (1000, 1500, and 2000 mg / L) with deposition time (15 minutes). This type of research is quantitative research with true experimental research. The research design used was randomized control-group pretest-posttest design.

The results showed that in the range of observations made, the weight of Moringa seed powder as an effective coagulant was 2000 mg / L hospital wastewater with a deposition time of 15 minutes capable of removing phosphate levels by 28.77% and ammonia at 70.37%.

Keywords*: Moringa oleifera; Coagulation; Phosphate; Ammonia; Hospital wastewater.*

ABSTRAK

Salah satu alternatif pemecahan masalah pengolahan air limbah adalah mengolah air limbah menggunakan biji kelor sebagai koagulan alami. Biji buah kelor mengandung senyawa bioaktif rhamnosyloxy-benzil isothiocyanate, yang mampu mengadsorbsi dan menetralisir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah suspensi dengan partikel kotoran melayang dalam air, sehingga sangat potensial digunakan sebagai koagulan alami untuk membersihkan air.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui metode pengolahan air limbah dengan memanfaatkan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Kadar Fosfat (PO4) dan Amoniak (NH3) Pada Air Limbah Rumah Sakit, dan menghitung perbedaaan variasi berat serbuk biji kelor (1000, 1500, dan 2000 mg/L) dengan waktu pengendapan (15 menit). Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental murni (true ekxperimental research). Desain penelitian yang digunakan adalah randomized control-group pretest-posttest design.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rentang pengamatan yang dilakukan, berat serbuk biji kelor sebagai koagulan yang efektif adalah 2000 mg/L air limbah rumah sakit dengan waktu pengendapan 15 menit mampu menyisihkan kadar fosfat sebesar 28.77% dan amoniak sebesar 70,37%. Dari hasil yang diperoleh penurunan kadar fosfat dan amoniak setelah diberi perlakuan sesuai dengan nilai standar baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 2 mg/L untuk fosfat dan 0,1 mg/L untuk amoniak.

Kata kunci : Moringa oleifera; Koagulasi; Fosfat; Amoniak; Air limbah Rumah Sakit.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair rumah sakit banyak mengandung senyawa organik. Senyawa organik tersebut dapat berupa protein, karbohidrat dan lemak (Aqmarina, 2013)[1]. Senyawa organik membutuhkan oksigen yang lebih banyak dalam degradasi (dekomposisi) sehingga terjadi penurunan oksigen dalam perairan yang mengakibatkan terjadinya peristiwa ikan munggut (ikan mati secara massal akibat kekurangan oksigen). (Khasanah, 2008)[2] Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 7 Tahun 2019[3] tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit memiliki beban cemaran yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan hidup dan menyebabkan gangguan kesehatan manusia.

Salah satu alternatif pemecahan masalah pengolahan air limbah adalah mengolah air limbah menggunakan biji kelor sebagai koagulan alami. Biji buah kelor mengandung senyawa bioaktif rhamnosyloxy-benzil isothiocyanate, yang mampu mengadsorbsi dan menetralisir partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah suspensi dengan partikel kotoran melayang dalam air, sehingga sangat potensial digunakan sebagai koagulan alami untuk membersihkan air.(Hidayat, 2012)[4]

[1] Korespondensi penulis: A. Muhammad Fadhil Hayat, HP: 081342479422, fadhil.hayat71@gmail.com

Biji kelor dapat digunakan untuk mengolah air dan limbah industri. Hal ini diperkuat dengan banyak data penelitian yang menunjukkan bahwa biji kelor mampu mengurangi kadar ion logam berat. Biji kelor dapat menurunkan turbiditas sebesar 99,84%; zat padat total sebesar 75,36%; amonium sebesar 20,8%; Cd sebesar 75%; Pb sebesar 59,05%; Cr sebesar 75 % dan Cu sebesar 16,15%. (Zulkarnain, 2008)[5]

Hasil penelitian menunjukan bahwa bioflokulan biji kelor pada konsentrasi 1500 ppm mampu mengendapkan flok limbah cair industri pulp dan kertas dalam waktu 8 menit 20 detik, efektifitas nilai warna 69,79 %, nilai kekeruhan 91,47 %, TSS 18,45 %, COD 75 %, dan BOD 81,49 %. (Hidayat, 2007)[6]

Hasil dari penelitian Uswatun Khasanah, menunjukkan bahwa serbuk biji kelor mampu menurunkan konsentrasi fosfat total pada dosis 200 ppm dengan waktu pengendapan 90 menit sebesar 27,82 % atau 8,068 ppm dan ortofosfat sebesar 29,87 % atau 3,195 ppm. Efektifitas biji kelor pada pH 2 mampu menurunkan konsentrasi fosfat total sebesar 52,15 % atau 14,93 ppm dan ortofosfat sebesar 56,70 % atau 8,65 ppm. Penurunan konsentrasi fosfat dalam limbah cair ini disebabkan adanya gaya tarik menarik antara gugus NH_3^+ biji kelor dengan $H_2PO_4^-$ dalam limbah cair, hal ini dikarenakan adanya kandungan protein di dalam biji kelor yang didukung oleh data sekunder FTIR. (Khasanah, 2008)[2]

Hasil penelitian Rozanna Sri Irianty, Fenti Kartiwi, Devi Candra, menunjukkan penyisihan BOD_5, COD, TSS dan pH limbah cair tahu dengan penambahan serbuk biji kelor berlangsung efektif pada 2.5 gram biji kelor yang mampu menyisihkan BOD_5 88.37%, COD 79.39%, TSS 81.36% dan penurunan pH sebesar 6.7%. (Sri Irianty, Kartiwi, & Candra, 2013)[7]

Hasil penelitian Ahmad Mulia Rambe, menunjukkan bahwa pada rentang pengamatan yang dilakukan, dosis biji kelor sebagai koagulan yang optimum adalah 1250 mg/L limbah cair industri tekstil (pencucian jeans) pada pH 7,8. Serbuk biji kelor 212 mesh pada dosis 1250 mg/L, menyisihkan kekeruhan sebesar 77,77%, Total Suspended Solid sebesar 83,69% dan Chemical Oxygen Demand sebesar 75,86% dan kadar warna merah 0.05, biru 0,20, kuning 0,37 pada alat lovibond. (Rambe, 2009)[8]

2. METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah randomized control-group pretest-posttest design, dimana sampel dipilih secara acak. Desain penelitian ini mengharuskan pengukuran terlebih dahulu pada kelompok sampel sebelum diberi perlakuan (pretest), juga pengukuran setelah perlakuan (posttest), yang membagi sampel ke dalam 2 kelompok menurut perlakuannya, yakni kelompok control (tidak diberi perlakuan) dan kelompok perlakuan yang diberi serbuk biji kelor.

Populasi dalam penelitian ini adalah keseluruhan air limbah yang dihasilkan proses pengolahan limbah cair rumah sakit. Sampel dalam penelitian ini adalah air limbah yang mengandung fosfat dan amoniak yang diperoleh dari bak penampung awal (inlet) pada proses pengolahan limbah cair rumah sakit. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode Grab Sampling (sesaat) selama periode tertentu. Pengambilan sampel diusahakan sekali dalam jumlah yang dibutuhkan agar homogenitas, kuantitas dan kualitas sampel tetap terjaga.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar pada bulan Agustus 2019. Sampel penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Labuang Baji Makassar, yang diambil dari bak inlet sebelum diberi tambahan serbuk biji kelor. s

Data primer diperoleh dari Laboratorium hasil dari pengukuran kadar fosfat dan amoniak air limbah rumah sakit dari proses pengolahan air limbah pada bak inlet sebelum dan sesudah perlakuan. Pengukuran dilakukan dalam 15 menit untuk masing-masing sampel di setiap perlakuan. Hasil pengukuran kemudian dimasukkan ke dalam tabel. Sedangkan data sekunder diperoleh dari beberapa literatur seperti jurnal, karya ilmiah, dan buku.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Adapun hasil pengukuran kadar fosfat dan amoniak setelah perlakuan serbuk biji kelor dilakukan replikasi sebanyak tiga kali dengan variasi berat yaitu 1000, 1500, 2000 mg/L sebagai berikut:

1. Fosfat (PO_4)

Tabel 1
Hasil pengukuran kadar fosfat sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 1000 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Fosfat		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	2,478	1,986	19,85%
II	2,478	1,910	22,92%
III	2,478	1,951	21,26%
Rata-rata		**1,949**	**21,34%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar fosfat setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 1000 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 2,478 mg/L menjadi 1,986 mg/L dengan persentasi 19,85%. Pengukuran kedua diperoleh kadar fosfat setelah perlakuan sebesar 1,910 mg/L atau 22,92% dan pengukuran ketiga sebesar 1,951 mg/L atau 21,34%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 1,949 mg/L dengan persentasi 21,34%.

Tabel 2
Hasil pengukuran kadar fosfat sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 1500 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Fosfat		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	2,478	1,885	23,93%
II	2,478	1,784	28%
III	2,478	1,896	23,48%
Rata-rata		**1,855**	**25,14%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar fosfat setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 1500 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 2,478 mg/L menjadi 1,885 mg/L dengan persentasi 23,93%. Pengukuran kedua diperoleh kadar fosfat setelah perlakuan sebesar 1,784 mg/L atau 28% dan pengukuran ketiga sebesar 1,890 mg/L atau 23,48%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 1,855 mg/L dengan persentasi 25,14%.

Tabel 3
Hasil pengukuran kadar fosfat sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 2000 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Fosfat		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	2,478	1,737	29,90%
II	2,478	1,737	29,90%
III	2,478	1,822	26,47%
Rata-rata		**1,765**	**28,77%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 3 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar fosfat setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 2000 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 2,478 mg/L menjadi 1,737 mg/L dengan persentasi 29,90%. Pengukuran kedua diperoleh kadar fosfat setelah perlakuan sebesar 1,737 mg/L atau 29,90% dan pengukuran ketiga sebesar 1,822 mg/L atau 26,47%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 1,765 mg/L dengan persentasi 28,77%.

2. Amoniak (NH_3)

Tabel 4
Hasil pengukuran kadar amoniak sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 1000 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Amoniak		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	0,18	0,05	72,22%
II	0,18	0,06	66,66%
III	0,18	0,06	66,66%
Rata-rata		**0,056**	**68,51%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar amoniak setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 1000 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 0,18 mg/L menjadi 0,05 mg/L dengan persentasi 72,22%. Pengukuran kedua diperoleh kadar amoniak setelah perlakuan sebesar 0,06 mg/L atau 66,66% dan pengukuran ketiga sebesar 0,06 mg/L atau 66,66%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 0,056 mg/L dengan persentasi 68,51%.

Tabel 5
Hasil pengukuran kadar amoniak sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 1500 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Amoniak		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	0,18	0,07	61,11%
II	0,18	0,07	61.11%
III	0,18	0,05	72,22%
Rata-rata		**0,063**	**65%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 5 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar amoniak setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 1500 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 0,18 mg/L menjadi 0,07 mg/L dengan persentasi 61,11%. Pengukuran kedua diperoleh kadar amoniak setelah perlakuan sebesar 0,07 mg/L atau 61,11% dan pengukuran ketiga sebesar 0,05 mg/L atau 72,22%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 0,063 mg/L dengan persentasi 65%.

Tabel 6
Hasil pengukuran kadar amoniak sebelum dan setelah perlakuan dengan serbuk biji kelor dengan berat 2000 mg/L

Pengulangan Perlakuan Serbuk Biji Kelor	Kadar Amoniak		% Penurunan
	Sebelum perlakuan	Setelah perlakuan	
I	0,18	0,07	61,11%
II	0,18	0,05	72,22%
III	0,18	0,04	77,78%
Rata-rata		**0,053**	**70,37%**

Sumber : Data primer 2019

Tabel 6 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar amoniak setelah perlakuan serbuk biji kelor sebanyak 2000 mg/L pada pengukuran pertama diperoleh penurunan dari 0,18 mg/L menjadi 0,07 mg/L dengan persentasi 61,11%. Pengukuran kedua diperoleh kadar amoniak setelah perlakuan sebesar 0,05 mg/L atau 72,22% dan pengukuran ketiga sebesar 0,04 mg/L atau 77,78%. Dengan perlakuan sebanyak tiga kali, diperoleh rata-rata penurunannya sebesar 0,053 mg/L dengan persentasi 70,37%.

Tabel 7
Rata-rata hasil pengukuran dan besar penurunan kadar fosfat dan amoniak pada air limbah rumah sakit menurut variasi berat

Kelompok Variasi Berat (mg/L)	Parameter			
	Fosfat		Amoniak	
	Rata-rata	% Penurunan	Rata-rata	% Penurunan
1000	1,949	21,34%	0,056	68,51%
1500	1,855	25,14%	0,063	65%
2000	1,765	28,77%	0,053	70,37%

Sumber : Data primer 2019

Tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar fosfat dengan variasi berat 1000 mg/L, 1500 mg/L, dan 2000 mg/L masing-masing 1,949 mg/L (21,34%), 1,855 mg/L (25,14%), dan 1,765 mg/L (28,77%) dengan hasil pengukuran awal 2,478 mg/L. Sedangkan rata-rata penurunan kadar amoniak dengan variasi berat 1000 mg/L, 1500 mg/L, dan 2000 mg/L masing-masing 0,056 mg/L (68,51%), 0,063 mg/L (65%), dan 0,053 mg/L (70,3%) dengan hasil pengukuran awal 0,18 mg/L.

B. Pembahasan

1. Fosfat (PO_4)

Berdasarkan hasil penelitian di atas terlihat bahwa penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami mampu menurunkan kadar fosfat dan amoniak pada air limbah rumah sakit. Hal ini dapat dilihat pada setiap variasi berat pada Tabel 3 dan 6 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar fosfat dan amoniak yang paling tinggi pada berat 2000 mg/L dengan persentasi fosfat sebesar 28,77% dan amoniak sebesar 70,37%.

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat pada berat 1000 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 1,949 mg/L (21,34%), Tabel 2 pada berat 1500 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 1,855 mg/L (25,14%), dan Tabel 3 pada berat 2000 mg/L diperoleh besar penurunan 1,765 mg/L (28,77%). Hal ini membuktikan bahwa serbuk biji kelor efektif dalam menurunkan kadar fosfat pada air limbah rumah sakit, dimana besar penurunan yang diperoleh berada di bawah nilai standar baku mutu yang ditetapkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 2 mg/L.

Fosfat yang berlebihan dalam badan air dapat menyebabkan peningkatan unsur hara dan pertumbuhan tanaman air yang berlebihan sehingga mengakibatkan konsentrasi oksigen menurun (*eutrofikasi*). Hal ini disebabkan karena menurunnya kadar sinar matahari yang masuk ke dalam perairan sehingga fotosintesis oleh tumbuhan air juga menurun dan lebih lanjut terjadi penurunan kadar oksigen hasil fotosintesis. Selain itu, penurunan kandungan oksigen juga disebabkan karena malam hari tumbuhan menggunakan oksigen dalam badan air, serta adanya tumbuhan yang mati dan dekomposisi oleh mikroba. Kondisi tersebut menurunkan kualitas lingkungan sebagai habitat berbagai spesies ikan dan organisme lain (Khasanah,2008)[2].

Penurunan kadar fosfat air limbah oleh serbuk biji kelor juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Uswatun Khasanah yang dalam penelitiannya menunjukkan adanya penurunan kadar fosfat pada air limbah rumah sakit dengan berat 250 mg/L memiliki waktu pengendapan optimum terjadi pada menit ke-90 dengan penurunan 3,195 mg/L atau 29,87%. Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut, dalam penelitian ini penurunan kadar fosfat dengan berat 2000 mg/L menurunkan kadar fosfat sekitar 28,77% namun masih lebih rendah dibandingkan dengan berat 250 mg/L. Perbedaan penurunan ini dapat dipengaruhi oleh lamanya waktu pengendapan, di mana dalam penelitian ini waktu pengendapan yang digunakan adalah 15 menit sedangkan pada penelitian yang serupa waktu pengendapan yang digunakan adalah 90 menit. (Khasanah,2008)[2].

2. Amoniak (NH_3)

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa penurunan kadar amoniak pada berat 1000 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 0,056 mg/L (68,51%), Tabel 5 pada berat 1500 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 0,063 mg/L (65%), dan Tabel 6 pada berat 2000 mg/L diperoleh besar penurunan 0,053 mg/L (70,37%). Hal ini membuktikan bahwa serbuk biji kelor efektif dalam menurunkan kadar amoniak pada air limbah rumah sakit, besar penurunan yang diperoleh berada di bawah nilai standar baku mutu yang ditetapkan Peraturan Gubernur

Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 0,1 mg/L.

Amoniak terbentuk dari hasil proses dekomposisi asam amino atau ikatan oleh bakteri (penguraian atau pembusukan protein tanaman dan hewan, atau dalam kotorannya) juga dapat terbentuk jika urea dan asam urik dalam urin terurai. Namun bahan-bahan organik yang berasal dari dapur menghasilkan senyawa amoniak dari sisa penguraian sisa makanan yang mengandung protein yang terlarut dalam air buangan akan berdekomposisi oleh mikroorganisme menjadi asam amino kemudian terdekomposisi lagi menjadi amoniak. (Sunu, 2001)[9].

Hal ini sangat berhubungan dengan hasil pengukuran kadar amoniak yang mudah mengalami penurunan terbukti dengan kelompok kontrol yang mengalami penurunan sebesar 44,44%. Penurunan ini disebabkan karena kelompok kontrol mengalami proses koagulasi dengan *Jar Test*. Pemberian serbuk biji kelor juga berpengaruh terhadap penurunan kadar amoniak terbukti dengan besar penurunan kadar amoniak pada variasi berat 2000 mg/L sebesar 70,37%. Hal ini juga terkait dengan fungsi serbuk biji kelor sebagai koagulan ini yang menyerap zat-zat seperti protein, sehingga mampu menurunkan kadar amoniak pada air limbah rumah sakit.

Amoniak yang melebihi standar baku mutu akan berakibat terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh tingginya amoniak khususnya yang terdapat pada perairan akan mengakibatkan kerusakan atau penurunan kualitas badan air atau yang sering disebut dengan *eutrofikasi*. Selain itu, kadar amoniak yang tinggi pada perairan juga mengakibatkan kerusakan pada biota perairan, seperti ikan yang hidup di sungai yang terkontaminasi dengan amoniak. Apabila ikan yang hidup di sungai yang terkontaminasi amoniak tersebut dikomsumsi oleh manusia akan berdampak buruk seperti keracunan. (Sunu, 2001)[9].

Serbuk biji kelor ketika diaduk dengan air, protein terlarutnya memiliki muatan positif. Larutan ini dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kationik. Fakta ini sangat menguntungkan karena kebanyakan koloid di Indonesia bermuatan listrik negatif, karena banyak berasal dari material organik. Ion koagulan dengan muatan serupa dengan muatan koloid akan ditolak, sebaliknya ion yang berbeda muatan akan ditarik. (Hidayat, 2007)[6] mengemukakan bahwa prinsip perbedaan muatan antara koagulan dan koloid inilah yang menjadi dasar proses koagulasi. Semakin tinggi ion yang berbeda muatan semakin cepat terjadi koagulasi. Dari pernyataan ini dapat disimpulkan bahwa terjadi gaya tarik-menarik polielektrolit kationik yang berasal dari serbuk biji kelor dengan koloid air limbah rumah sakit yang bermuatan negatif.

4. KESIMPULAN

Pemberian serbuk biji kelor efektif dalam menurunkan nilai kadar fosfat dan amoniak, hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran sebelum dan sesudah diberi perlakuan serbuk biji kelor yaitu sebelum diberi perlakuan menunjukkan kadar fosfat sebesar 2,478 mg/L dan setelah diberi perlakuan menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat pada berat 1000 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 1,949 mg/L (21,34%), pada berat 1500 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 1,855 mg/L (25,14%), dan pada berat 2000 mg/L diperoleh besar penurunan 1,765 mg/L (28,77%). Sedangkan hasil pengukuran sebelum diberi perlakuan menunjukkan kadar amoniak sebesar 0,18 mg/L dan setelah perlakuan menunjukkan bahwa penurunan kadar amoniak pada berat 1000 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 0,056 mg/L (68,51%), pada berat 1500 mg/L diperoleh besar penurunan yaitu 0,063 mg/L (65%), dan pada berat 2000 mg/L diperoleh besar penurunan 0,053 mg.L (70,37%).

Pada berat 2000 mg/L yang diberikan perlakuan pada air limbah rumah sakit yaitu memberikan hasil yang paling efektif terhadap penurunan kadar fosfat dan amoniak pada air limbah rumah sakit. Pada kadar fosfat terjadi penurunan sebesar 28,77% dan amoniak sebesar 70,37%.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aqmarina, N. (2013). Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Moewardi.
[2] Khasanah, U. (2008). Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera, LAMK) Sebagai Koagulan Fosfat Dalam Limbah Cair Rumah Sakit. Skripsi Dosen Muda Fakultas Teknik UIN. Malang.
[3] Republik Indonesia. 2019. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.
[4] Hidayat, S. (2012). Protein biji kelor sebagai bahan aktif penjernihan air. Biospecies, 2(2).

[5] Zulkarnain, Z. (2008). Efektifitas biji kelor (Moringa oleifera LAMK) dalam mengurangi kadar Kadmium (II). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
[6] Hidayat, S. (2007). Efektifitas Bioflokulan Biji Moringa Oleifera Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas.
[7] Sri Irianty, R., Kartiwi, F., & Candra, D. (2013). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Biji Kelor (Moringa Oleifera Lamk).
[8] Rambe, A. M. (2009). Pemanfaatan Biji Kelor (Moringa oleifera) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil.
[9] Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400. Jakarta: PT. Gramedia Widia Sarana Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI yang telah membiayai penelitian melalui Skema Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2019.

RANCANG BANGUN PEMANFAATAN TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK BEBAN RUTINMAKSIMUM KATEGORI 900 VA DI MAKASSAR

Tadjuddin[1], Bakhtiar[2], Ahmad Gaffar[3]
1,*2,3 Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar*

ABSTRACT

This study aims to determine the number and capacity of solar cells and bateteries, the capacity of the BCR and inverter needed for the maximum routine load requirements of 900VA category customers. This activity begins with collecting maximum routine load data for customers as samples; pre pare all component and equipment; install solar panels, and make measurements or observations. The results of this study show that the maximum routine load for 900 VA is 830 watts or equivalent to 19.420 kwH. To meet these need 60 solar cells with capacity of 100 Wp/12 volts, BCR 70 A/12 volts and 12/220 volts inverter 1000 watt. When a 50 watt tv or a 15 watt lamp is connect to the circuit voltage drops between 0,2 to 0,3 volts.

Key word : Solar cell, maximum load, prototype

1. PENDAHULUAN

Tenaga surya (PLTS) sudah tersedia, tinggal kemauan untuk melaksanakannya. Marzan A. Iskandar (Kepala BPPT) [5] menyatakan meskipun potensi energi surya di Indonesia sangat besar [2],[8], namun kontribusinya melalui sel surya dalam penyediaan energi nasional masih sangat rendah. Sampai tahun 2011, tercatat total aplikasinya baru mencapai sekitar 17 MWp. Jika dibandingkan dengan kapasitas terpasang pembangkit listrik di Indonesia sebesar 33,7 GW, maka kontribusi tenaga surya untuk pembangkit listrik baru mencapai sekitar 0,05% [1].

PT.PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan, Tenggara dan Barat atau Sultanbatara pada tangal 18 Oktober 2011 pada jam 19.30 terjadi beban puncak 661,0MW sehingga dilakukan pemadaman bergilir sebear 93,3 MW. Jumlah pelanggan kualifikasi social di PLN wilayah Sulselrabar mencapai 28.707 pelanggan atau 1,7% dari total jumlah pelanggan yang ada, sedangkan pelanggan kualifikasi rumah tangga dengan daya antara 450 VA sampai 900 VA jumlah pelanggannya mencapai 1.364.970 pelangan atau 79 % Sementara untuk daya 1300 VA jumlah pelanggannya mencapai 225.325 pelanggan atau 13,2 % dari keseluruhan pelanggan [2] (**FAJAR, News, Oktober 2011**). Disamping itu, PLN juga menghimbau seluruh pelanggan agar terus menerapkan perilaku henat listrik dengan mematikan minimal 2 titik lampu yang berdaya 50 watt. Dengan asumsi jumlah pelanggan 1,5 juta sambungan, listrik yang bisa dihemat bisa mencapai 75 MW, terutam pada saat beban puncak pada pk.1700 sampai 22.00malam. ungkapnya [2] (**Bugis pos, 26 Januari 2013)**.

Rancangan pemanfaatan teknologi solar cell telah dilakukan sebelumnya (penelitian Hibah Bersaing tahun 2013) [2] menghasilkan kapasitas solar cell, controller, bateri dan beban penerangan di daerah Tikkao kecamatan lakabata kabupaten Soppeng untu 37 KK. Daya terpasang PLTS terpusat sesuai hasil rancangan adalah 56,4 KW, dengan menggunakan panel solar cell 12 volt/100 WP yang disusun seri 4 buah kemudian parallel sebanyak 141 set. Untuk penyimpanan energy listrik yang dihasilkan pada siang hari diperlukan baterei 12 volt/100 Ah sebanyak 144 buah kemudian diparalelkan sebanyak 136 set. Inverter yang diperlukan untuk mengubah sumber DC menjadi AC adalah 48 V DC /220 V AC dengan daya 4 KWM (Bakhtiar, 2013). Salah satu kendala utama dalam penerapan pembangkit listrik tenaga matahari adalah harga awal atau investasi yang masih relatif mahal.

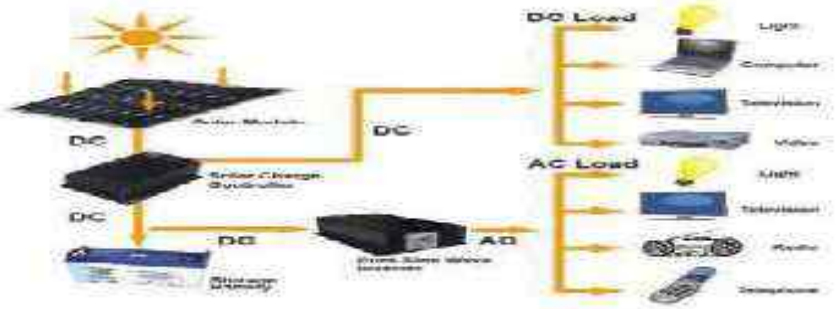
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas solar cell, kapasitas baterei, kapasitas BCR dan inverter yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan beban rutin maksimum bagi pelanggan dengan daya 900VA.

A.Bentuk bentuk sistem Instalasi[6],[7]

i.Sistem Instalasi Mandiri (*Stand Alone*)

[1] Korespondensi penulis: Tadjuddin, Telp. 085280608720, tadjuddin02@gmail.com

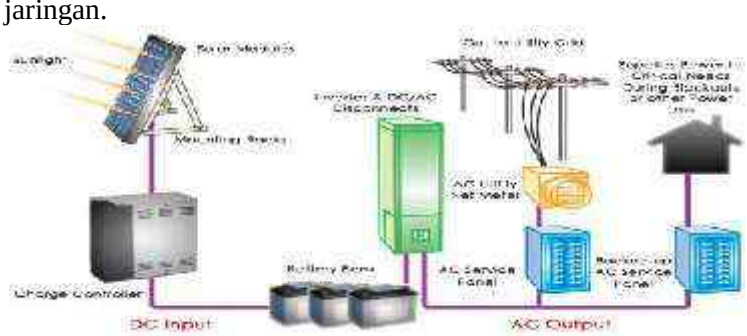
Sistem instalasi mandiri adalah instalasi PV di mana tidak dihubungkan dengan sumber listrik dari jaringan umum. Oleh karena itu, pada sistem ini pemenuhan kebutuhan beban sangat tergantung pada PV



Gambar 1. Sidtem Instalasi Mandiri dengan beban ac dan dc [6],[7].

ii. Sistem Instalasi terhubung Jaringan (*Grid Connected*)

Sistem terhubung jaringan merupakan sistem instalasi yang dihubungakan dengan sumber listrik dari jaringan listrik umum. Di Indonesia jaringan ini disediakan oleh PLN. Pada sistem ini tidak terlalu diperlukan adanya baterai karena pada saat sistem kekurangan daya, maka untuk memenuhi kekurangan daya beban tersebut disuplai dari listrik jaringan yang ada[8],[9]. Sistem PV akan bekerja pada saat siang hari dengan ketersediaan intensitas surya yang memenuhi. Sedangkan kekurangan daya pada saat malam hari atau cuaca mendung, disuplai dari jaringan.



Gambar 2. Sistem Photovoltage terhubungan dengan jaringan [6],[7].

B. Komponen Utama PLTS [2],[5],[7],[8],[9]

Ada beberapa komponen penting pada PLTS yaitu :

a. Panel surya/ Solar Cell. Sistem tenaga matahari diawali dengan panel solar cell. Ukuran standar panel ini adalah 80 x 60 cm yang dapat menghasilkan 50 WattPeak (Wp), Artinya bisa menghasilkan hingga 50 watt listrik pada penyinaran matahari penuh di siang hari).

b. Charge Controller. Charge controller adalah alat untuk mengelola atau mengatur proses pen-charger-an kedalam baterai. Secara sederhananya adalah berfungsi
untuk memompa listrik dari panel
solar cell ke baterai. Fungsi lainnya adalah untuk mengontrol dan memonitor bagian dari baterai serta mengatur proses pen-charger-an yang tepat disaat yang tepat pula.

c. Baterei/aki. Baterei/aki digunakan untuk menyimpan energi 12 volt DC dari panel solar cell.

d. Inverter. Secara opsional, inverter bisa ditambahkan untuk merubah 12 volt DC dari baterai ke 220 volt AC untuk digunakan oleh peralatan listrik yang hanya menerima input energi dari 220 volt AC saja.

f. Lampu,TV/Radio,Taperecorder, sebagai beban.

2. METODE PENELITIAN

Dengan semakin meningkatnya kesadaran untuk melestarikan lingkungan, mengharuskan kita berfikir untuk mencari suatu alternative penyediaan dan pemanfaatan energy yang memiliki karakter :

a. Mampu mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energy minyak bumi.
b. Mampu menyediakan energy listrik dalam skala lokal regional.
c. Mampu memanfaatkan potensi sumber daya energy setempat.

d. Cinta lingkungan dalam arti proses produksi dan pembuangan hasil produksi tidak merusak dan mengganggu lingkungan sekitarnya.

2.1 Tempat Penelitian.

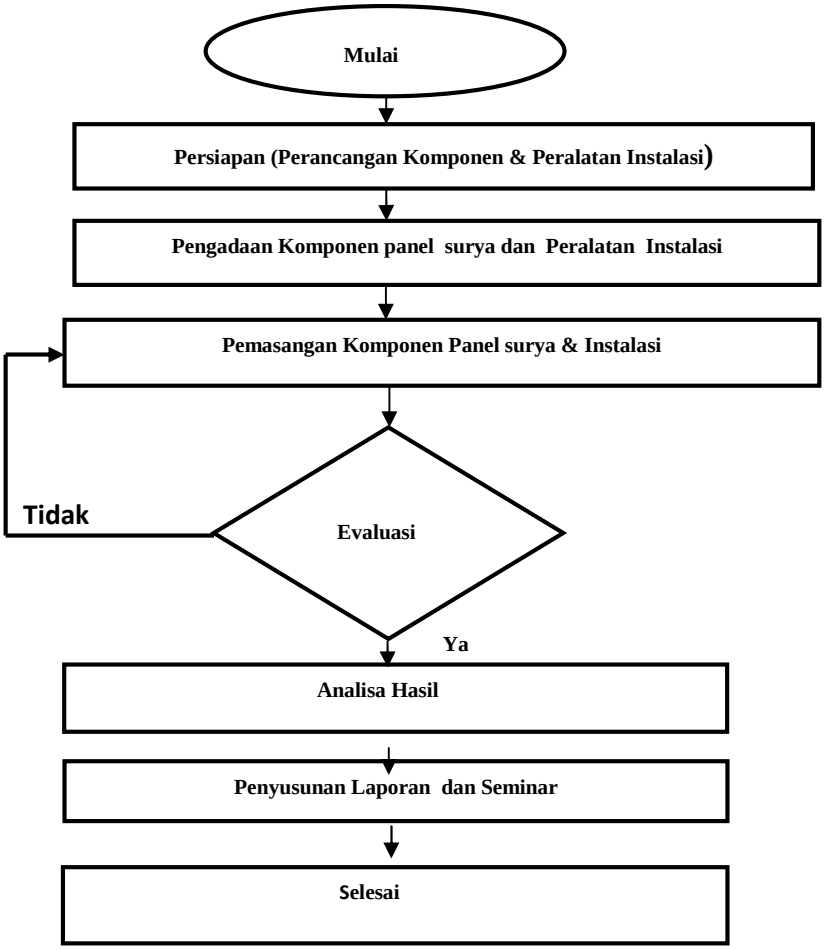
Rancang Bangun pemanfaatan tenaga surya atau matahari ini dilaksanakan di laboratorium/bengkel teknik listrik jurusan Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang. Untuk pengukuran dan pengamatan dilakukan di rumah ketua pelaksana kegiatan penelitian ini sebagai pelanggan P.T PLN (Persero) wilayah Sulawesi Selatan, Tenggara dan Barat (SULSELRABAR) dengan daya terpasang 900 VA.

2.2 Prosedur Penelitian.

Langkah langkah pelaksanaan penelitian adalah:

1. Pengumpulan data , kebutuhan beban rutin maksimum bagi pelanggan PLN dengan daya terpasang 900 VA (sampel). Beban rutin maksimum yang dirancang disesuauikan dengan panel surya yang tersedia di pasaran dan juga disesuaikan dengan ketersediaan dana institusi melalui UPPM PNUP.
1. Persiapan : menganalisis kebutuhan panel surya, baterei, BCR dan inverter dantata letaknya
2. Pengadaan komponen dan peralatan (panel surya, batere dan inverter, kabel instalasi, MCB, saklar).
3. Melakukan pemasangan instalasi panel surya secara lengkap
4. Melakukan pengukuran/pengamatan.
5. Analisalisa hasil pengukuran

Diagram alir penelitian adalah seperti pada gambar berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pembahasan diuraikan dsn kelompokkan sebagai berikut :

3.1 Perhitungan Beban

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) membutuhkan perencanaan mengenai kebutuhan daya yang digunakan. Untuk menghitung besar kebutuhan energi listrik adalah dengan mengalikan besar daya beban dan waktu penyalaan, **W = P.t (Wh)**[2],[5],[6],[8],[9] **.**

Dari perhitungan pemakaian peralatan listrik yang digunakan dikalikan dengan lama pemakaian didapatkan rata rata pemakaian kebutuhan rata rata beban perhari. Berikut ditampilkan tabel contoh kebutuhan daya rata rata perhari pelanggan dengan daya terpasang 900 VA

Pada penelitian ini Beban Rutin maksimum adalah beban listrik yang jam menyalanya 12 jam atau lebih dalam sehari semalam sebagaimana terlihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Beban Rutin Pelanggan 900 VA

No	Nama Peralatan	Daya (w)	Jumlah	Jam Nyala	Total (Wh)
1	Lampu Penerangan Luar	15	1	12	180
2	Televisi 20 inci	50	1	20	1000
3	Lampu di Ruang keluarga	20	1	18	360
4	Pemanas	45	1	24	1080
5	Dispenser	500	1	24	12000
6	Kulkas	200	1	24	4800
		830			**19420**

3.2. Beban yang disuplai PLTS [2].[3],[4],[5]

Dari tabel 1 diatas diketahui bahwa pemakaian energy listrik rata-rata perhari sebesar 19420 Wh atau 19,42kWh. Kebutuhan energy listrik tersebut ditambahkan dengan asumsi ada rugi rugi yang terjadi pada sistem, yang menurut Mark Hankin yang menggunakan peralatan baru nilainya 15%. Dengan demikian besarnya energy yang dibutuhkan (Et) adalah :

Et = Kebutuhan Energi Listrik + kerugian sistem…….. (1)

Et = Kebutuhan Energi Listrik + (15% x Kebutuhan Energi Listrik)

Et = 19420 + (15% x 19420). Jadi Energi total adalah **Et = 22333** Wh

3.3 Menentukan Kapasitas Daya Panel Surya [7],[8],[9],[10]

Untuk menentukan kapasitas daya panel surya yang dibutuhkan sangat tegantung dari besarnya energy listrik beban yang akan diplai dan radiasi harian yang tsrsedia di lokasi. Jam matahari ekivalen pada suatu tempat ditentukan berdasarkan peta isolasi dunia yang diperoleh dari situs resmi NASA (National Aeronautic and Space Administration atau yang dikeluarkan oleh Solarex (solarex 1996). Berdasarkan peta isolasi matahari dunia diperoleh ESH = 4,5 untuk Sulawesi [2],[3],[9]. Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah AF= 1,1 (Mark Hankis, 1991 Small Solar Electric System for Africa page 68).

Kapasitas daya panel surya yang dihasilkan adalah [2], [7],[8][9],[10] :

$$Kap\ .\ Daya = \frac{22333}{4,5} \times 1,1 = 6000\ Wp$$

Dengan demikian kapasitas daya panel surya pada penelitian ini adalah 6000 Wp/12 volt. Bila digunakan panel surya 100 Wp/ 2 volt (yang ada tersedia di pasaran) maka dibutuhkan panel surya/solar cell sebanyak 60 buah

3.4. Menentukan Kapasitas Batere

Batere berfungsi sebagai penyimpan listrik dc yang dibangkitkan oleh panel durya dan BCR Parameter yang terkait dengan penyimpanan listrik dalam batere adalah tegangan dan Ampere Hour (Ah). Bila satuan energy (dalam wH) dikonversikan menjadi AH yang sesuai satuan kapasitas batere adalah sebagai berikut [2], [9], [10]:

$$AH = \frac{Et}{Vs} = \frac{22333}{12} = 1861\ Ah$$

Hari otonomi yang ditentukan adalah 3 hari, artinya batere dapat menyuimpan dan menyalurkannya. Selama 3 hari. Besarnya deep of discharge (DoD) pada batere adalah 80 % (Mark Harkins, 1991, 68) sehingga kapasitas batere yang dibutuhkan adalah:

$$Cb = \frac{Ahxd}{DoD} = \frac{1861\ x3}{0,80} = 7000\ Ah$$

Kapasitas batere adalah **7000** Ah. Dalam rancangan ini digunakan batere 12 volt 100 Ah, sehingga diperlukan sebanyak 70 buah.

3.5. Menentukan kapasitas BCR

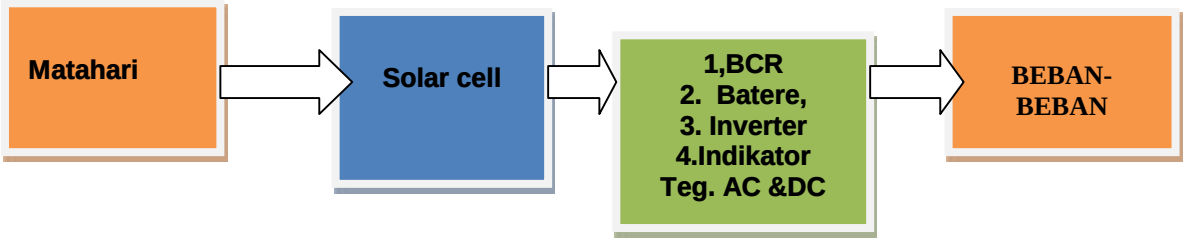
Batere Charge Regulator (BCR) berfungsi sebagai titik pusat sambungan ke beban, modul sel surya dan batere.Fungsi kedua adalah sebagai pengatur sistem agar penggunaan listriknya aman dan efisien, sehingga semua komponen sistem aman dari bahaya akibat perubahan level tegangan. Untuk menetapkan ukuran BCR digunakan istilah total Ampere (A) dan Voltage (V). Beban sistem PLTS mengambil energy listrik pada BCR . Kapasitas arus yang mengalir pada BCR dapt ditentukan dengan mengtahui beban maksimal. Dengan beban maksimal 830 Watt tegangan sistem 12 volt, maka kapasitas arus yang mengalir pada BCR adalah : I= P/V =830/12 =69,1= 70 Ampere. Jadi kapasitas BCR yang digunakan adalah 70 A/12Volt

3.6. Menentukan Kapasitas Inverter

Hal yang perlu diperhatikan adalah kapasitas atau spesifikasi inverter harus sesuai dengan besarnya beban dan besarnya tegangan pada sisi pelanggan. Hal lain yang menjadi perhatian adalah spesifikasi inverter yang ada di pasaran. Untuk menghitung kapasitas atau spesifikasi inverter dilakukan dengan mengalikan 130% beban desain, hal ini dimaksudkan memerhitungkan rugi rugi pada batere dan perkembangan sistem PLTS dikemudian hari.

Spesifikasi inverter harus sesuai dengan BCR yang digunakan dan beban maksimal yang akan dilayani yaitu 830W serta memperhitungkan efisiensi inverter, yang mana inverter biasanya yang tersedia dipasaran efisiensinya sekitar 75%. Berdasarkan hasil perhitungan BCR diperoleh tegangan 12 volt DC, sehingga tegangan input dari inverter adalah 12 volt DC dan tegangan keluaran inverter 220 volt ACdengan daya 1000W.

Pada penelitian ini rancang bangun yang dapat direalisasikan adalah Panel surya surya dengan masing masing buah solar cell 100 Wp, baterei 100 Ah/12 volt, BCR 12 volt dan inverter 220 volt 1000 watt. Adapun blok diagram dari rancangan sistem PLTS tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem PLTS

Adapun hasil pengukuran adalah sebagaimana terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Karakteristik tegangan keluaran solar cell 100 Wp, baterei 100 Ah
Dengan beban : tv 50 watt, lampu 14,5 watt dan 15 watt

Tegangan keluaran (volt dc)							
No. urt	**Tanggal**	**09.00-10.00**	**10.00-11.00**	**11.00-12.00**	**12.00-13.00**	**13.00-14.00**	**14.00-15.00**
1	25-05-2019	12,4	12,6	12,6	12,6	12,5	12,5
2	26-05-2019	12,5	12,7	12,8	12,6	12,5	12,5
3	27-05-2019	12,6	12,8	12,6	12,6	12,5	12,5
4	28-05-2019	12,5	12,8	13,0	13,0	13,0	13,0
5	29-05-2019	12,6	13,1	12,8; 13,3	12,5 13,2	13,4	13,1; 13,2

6	30-05-2019	12,8	12,8 13,2	13,2 13,4	13,1		
7	31-05-2019	23,0; 12,8	12,5; 12,4	12,9	12,9	12,9	12,8; 12,6

1. Pada (5) saat Tv 50 watt dihubungkan ke rangkaian, tegangan turun dari 13,1 menjadi 12,8 volt. Tegangan naik lagi menjadi 12,9 volt pada pkl. 11.05 atau membutuhkan waktu pengisian hampir/ mendekati satu jam. Saat beban 14,5 watt dihubungkan ke rangkaian (no.6), tegangan 13,2 volt turun menjadi 13,0 volt dan karena cuaca mendung tegangan turun menjadi 12,8 volt. Teaat gangan normal kembali pada pkl. 11.30 menjadi 13,2 volt.
2. Pada saat Tv 50 watt dilepas dari rangkaian, tegangan naik dari 12,9 menjdi 13,2 volt pada pkl 11.16 wita. Karena pengisian batere tetap berlangsung ternyata pada pkl. 11.45 Tegangan naik menjadi 13,3 volt. Pada sat beban 14,5 watt dilepas dari rangkaian tegangan naik dari 13,2 volt menjadi 13,4 volt pada pkl. 11.52 wita.
3. Dalam kedaan tidak berbeban tetapi karena perubahan cuaca (mendung), tegangan turun menjadi 12,5 volt. Beberapa saat kemudian cuaca kembali cerah, seiring dengan itu tegangan naik lagi menjadi 13,2 volt Pada pk.12,57 wita.
4. Berkurangnya terik matahari sehingga tegangan turun dapat diartikan bahwa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari sudah berkurang.
5. Tegangan keluaran solar cell maksimum antara pkl. 11.00 – 14.00

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa sebelumnya maka dapat di tarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

i. i. Untuk memenuhi kebutuhan beban rutin bagi pelanggan dengan daya 900 VA tersebut dibutuhkan panel surya(solar cell) dengan kapasitas 6000 wp, atau sebanyak 60 buah dengan kapasitas 100Wp/12volt, Baterei dengan kapaditas 7000 AH atau Baterei 100 AH/12 volt sebanyak 70 buah, BCR 70 A/12 volt, 1 buah serta inverter 12 volt dc/ 220 oltac dengan kapasitas 1000 watt, 1 buah.

ii. Rancang bangun yang dapat direalisasikan pada penelitian ini adalah PLTS dengan masing-masing 1 buah: solar cell 100 Wp/12 volt, batere 100 Ah/12 volt, BCR 20A/12 volt dan inverter 12 /220 volt 1000watt.

iii. Pada saat beban tv 50 watt atau lampu 14,5 watt dihubungkan ke rangkaian tegangan baterei turun antara 0,2 sampai 0,3 volt. Demikian juga sebaliknya bila beban tersebut dilepas dari rangkaian tegangan naik 0,2 sampai 0,3 volt. Hak ini menunjukkan bahwa tegangan tidak stabil.

iv. Tegangan keluaran solar cell adalah antara (12,3 -13,5) volt dc atau antara 216-220) volt ac

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Badan Standarisasi Nasional (BSN),"SNI 0225:2011 Persyaratan Umum Instalasi Listrik Indonesia (PUIL 2011).BSN, Jakarta Menteri Ketenagakerjaan RI, "Peraturan Menteri Ketenaga kerjaan RI No 31 Tahun 2015 tentang Perubahan atas peraturan Menteri Tenaga Kerja No Per.02/Men/1989 tentang pengawasan instalasi penyalur petir"

[2]. Bakhtiar, Tadjuddin, Ruslan, "Rancang Bangun Pemanfaatan Solar Cell sebagai umber Energi Listrik Pada saat Beban Puncak PLN.Makassar, 2016.

[3]. Fahmi Farhat, Yulianto Prihatin dan Ignasius : "Perancangan Sistem penjejak Matahari bebasis Mikrokontroler". Politeknik Negeri Ujung Pandang, Tugas Akhir 2013.

[4]. Neidle, M. " Teknologi Instalasi Listrik ", Erlangga, Jakarta, 1999 Van Harten,P, Setiawan,E, " Instalasi Listrik Arus Kuat 3", Bina Cipta, Bandung, 1992.

[5]. Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2001

[6]. Johni Custer,Jefri Lianda :" Analisa Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi pada Perumahan kategori R1 900VA di Pulau Bengkalis, Jurnal Politeknik Negeri Bengkalis.

[7]. M.Sahori : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu daya Lampu Lalu Lintas di Pekanbaru, Universitas Islam Sulta Syarif Riau 2011.

[8]. Rasyid, Ahmad, Thaha Sarma (2019) : Desain Pembangkit Listrik Tenaga surya Pada Tambak Udang Sebagai Penggerak Aerator. Junal Penelitian Intek Politeknik negeri Ujung PandangVol.6 no.1.
[9]. S.G. Ramadhan, Ch. Rangkuti :" Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Atap gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti, Seminar Nasional Cedekiawan 2016.
[10]. Yoman S Kumara :"Pembangkit listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia, Jurnal Teknologi Elektro vol.9 no.1 Januari – Juni 2010.

Ucapan Terima Kasih
Pelaksana kegiatan ini meyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur, Pembantu Direktur I, Ka. P3M dan Kajur Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang atas terlaksanya kegfiatan ini dengan dana DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang tahun 2019.

RANCANG BANGUN MESIN PEMIPIL JAGUNG ERGONOMIC KAPASITAS PRODUKSI 200 KG/JAM

Arthur Halik Razak[1)], Abram Tangkemanda[1)], Syaharuddin Rasyid[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

In an effort to grow agro-industry (small-scale corn flour industry) and corn agribusiness for the feed industry and other industries, pipeline activities are one of the most critical links. This is reflected by the high loss of corn yield at the farmer level at the stage of sheller which reached 4% and the total loss of corn yield at the farmer level was 5.2%. To increase post-harvest corn production at the farm level, post-harvest machines with small dimensions, ergonomic design, and ease of operation and maintenance are needed. Thus it is necessary to make a breakthrough by making corn sheller machines using inexpensive and lightweight materials, small driving force so that the selling price of corn sheller machines can be reached by farmers. The general objective of this research is to produce a prototype of an ergonomic corn sheller machine with a capacity of 200 kg/hour that uses a motorbike fuel (gasoline) and can be implemented in farmer groups in the village and at an affordable price. The design process of an ergonomic corn sheller machine starts from 1). Designing an ergonomic corn sheller machine, 2). Planning the operational system on the delivery shaft / cylindrical cylinder, 3). Calculate the torque on the delivery shaft / cylindrical cylinder, 4.) Determine the desired capacity, 5). Calculating pulley size 6). Determine the size of the V-belt belt used, 7). Determine engine power and electric motor power, 8). Making and stringing engine components. From the results of the design and testing of corn sheller machines of household industry scale, it can be concluded: 1). A prototype of a corn sheller machine has been obtained with specifications: Engine dimensions 642 x 490 x 985 mm, the driving force of a gasoline engine with a rotation of 500-3600 rpm, and engine weight ± 35 kg, 2). The shelling capacity of this corn sheller machine is 200 kg/hour at a minimum rotation of 198.24 rpm, and 3). This corn sheller machine has an ergonomic construction making it easy to operate and maintain, and 4). It can be operated by one operator.

Keywords*: Corn Sheller Machine, Ergonomic*

1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan kebutuhan yang cukup penting bagi kehidupan manusia dan merupakan komoditi tanaman pangan kedua setelah padi. Akhir-akhir ini tanaman jagung semakin meningkat penggunaannya, sebab hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan seperti pembuatan pupuk kompos, kayu bakar, turus (lanjaran), bahan kertas dan sayuran bahan dasar/bahan olahan untuk minyak goreng, tepung maizena, ethanol, dextrin, aseton, gliserol, perekat, tekstil dan asam organik bahan listrik nabati [1] (Rukmana, 1997).

Dalam upaya penumbuhkan agro industri (industri kecil tepung jagung) dan agribisnis jagung untuk industri pakan dan industri lainnya, kegiatan pemipilan merupakan salah satu mata rantai yang paling kritis. Hal ini tercermin masih tingginya kehilangan hasil jagung ditingkat petani pada tahap pemipilan yang mencapai 4% dan total kehilangan hasil jagung pada tingkat petani 5,2% [2].

Menurut Aqil [3], peningkatan produksi jagung yang tidak diikuti dengan penanganan pasca panen yang baik menyebabkan peluang kerusakan biji akibat kesalahan penanganan dapat mencapai 12-15% dari total produksi. Lebih lanjut, diantara semua tahapan pasca panen, segmen pemipilan yang paling tinggi peluang kehilangan hasilnya yang mencapai 8% sehingga proses ini dianggap sebagai proses kritis dalam penanganan pascapanen. Perkiraan kehilangan hasil akibat susut pada proses pemipilan mencapai 630 – 720 ribu ton per tahun. Kondisi alat pemipil yang juga tidak memenuhi standar (konstruksi sarangan dan silinder pemipil) juga berpeluang merusak biji.

Perkembangan teknologi menyebabkan perkembangan alat pemipil jagung, yang saat ini sudah tersedia alat yang digerakkan dengan listrik, diesel atau kincir, bukan tenaga manusia lagi. Di negara maju seperti Amerika yang dikenal sebagai penghasil jagung, peralatannya pun cukup canggih. Mulai petik sampai pipil dilakukan sekaligus di lahan pada saat panen. Setelah jagung terlepas dari tongkol, biji-biji jagung harus dipisahkan dari kotoran atau apa saja yang tidak dikehendaki, sehingga tidak menurunkan kualitas jagung. Sisa-sisa tongkol, biji kecil, biji pecah, biji hampa, kotoran selama petik ataupun pada waktu pemipilan

[1] Korespondensi penulis: Arthur Halik Razak, Telp 08124284552, arthurhalikrazak76@gmail.com

dipisahkan. Tindakan ini sangat bermanfaat untuk menhindari atau menekan serangan jamur dan hama selama dalam penyimpanan.disamping itu juga dapat memperbaiki peredaran udara.

Penelitian tentang mesin pemipil jagung telah banyak dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya [4-13] Untuk memipil jagung dalam kapasitas yang besar dibutuhkan sebuah mesin dengan daya yang besar. Berbagai macam mesin pemipil jagung telah beredar dan harganya relatif mahal. Sehingga diperlukan sebuah inovasi dalam mengembangkan mesin yang mampu memipil jagung dengan kapasitas besar dan menggunakan daya penggerak yang relatif kecil. Erwin [13] telah merancang bangun mesin pemipil jagung kapasitas 200 Kg/jam. Kelebihan dari mesin pemipil yang mereka buat adalah kapasitas produksi yang tinggi namun disisi lain memiliki dimensi mesin yang besar sehingga membutuhkan ruangan yang besar. Demikian pula dibutuhkan tenaga penggerak yang besar (5-10 HP). Kekurangan yang lain dari mesin ini adalah hasil pemipilan masih bercampur antara biji dan tongkolnya sehingga masih dibutuhkan penanganan lebih lanjut.

Untuk meningkatkan hasil produksi pascapanen jagung ditingkat petani, maka diperlukan mesin pascapanen dengan dimensi yang kecil, desain yang *ergonomic*, dan kemudahan dalam pengoprasian dan perawatan. Dengan demikian perlu membuat terobosan dengan membuat mesin pemipil jagung dengan menggunakan bahan yang murah dan ringan, daya penggerak yang kecil sehingga harga jual mesin pemipil jagung dapat dijangkau oleh petani.

Tujuan umum penelitian ini adalah menghasilkan prototype mesin pemipil jagung kapasitas 200 Kg/jam yang *ergonomic* menggunakan tenaga penggerak motor bakar (bensin) dan dapat diimplementasikan pada kelompok-kelompok tani di desa dan harga yang terjangkau.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses rancang bangun mesin pemipil jagung yang *ergonomic* dimulai dari: 1). Mendesain mesin pemipil jagung yang *ergonomic*, 2). Merencanakan sistem operasional pada poros penghantar/silinder pemipil, 3). Menghitung torsi pada poros penghantar/silinder pemipil, 4.) Menentukan kapasitas yang diinginkan, 5). Menghitung ukuran pulley 6). Menentukan ukuran sabuk V-belt yang digunakan, 7). Menentukan daya mesin dan daya motor listrik, 8). Membuat dan merangkai komponen mesin.

Tahapan perancangan mesin pemipil jagung yang *ergonomic* dan perhitungan dimensi komponen dan daya penggerak adalah:

1). Parameter desain mesin yang *ergonomic* yang dipertimbangkan adalah; a). estetika dan fungsi, b). komponen mesin mudah dibuat, c). faktor keamanan yang tinggi, d). mudah dioperasikan, dan e). harga terjangkau oleh kelompok tani.

2). Data awal yang diketahui:
   a). Kapasitas mesin pemipil jagung (Q) = 200 kg/jam,
   b). Massa jenis jagung pada tongkol (ρ) = 721 kg/m^3,
   c). Panjang jagung pada tongkol (ls) = 170 mm,
   d). Diameter jagung pada tongkol (ds) = 50 mm,
   e). Jari-jari tongkol jagung (rs) = 25 mm,
   f). Jumlah sabuk = 1 buah,
   g). Jumlah pulley = 2 buah,
   h). Motor penggerak = motor bensin 1 unit,
   i). Jumlah pisau pemipil (n) = 1, dan
   j). Hasil perbiji jagung (tp) = 12 cm.

3). Perhitungan putaran poros penghantar
   a). Volume jagung pada tongkol (mm^3),
   $V_s = \pi \ r^2 x L_s = 3{,}14 x 25^2 x 170 = 333.625 \ m \ \ ^3$,
   b). Jumlah putaran untuk 1 buah jagung,
   $n_s = \frac{L_s}{t_p . n} = \frac{1}{1 \ x1} = 14{,}16$,
   c). Massa jagung pada tongkol (Kg/buah),
   $m_s = \rho \ \ V_s = 721 x 10^{-6} x 333.625 = 0{,}240 \ K \ \ /b \quad h$,
   d). Jumlah jagung yang dipipil (buah/menit),
   $Q_s = \frac{Q}{m_s} = \frac{2}{0{,}2} = 833{,}33 \frac{b \quad h}{jc} = 13{,}9 = 14 \ b \quad h/m$,
   e). Putaran poros penghantar (rpm),
   $n_p = n_s x Q_s = 14{,}16 x 14 = 198{,}24 \ rn$.

Jadi putaran poros penghantar minimal yang dibutuhkan untuk memipil jagung sebanyak 14 biji/menit atau 200 Kg/jam adalah 198,24 rpm.

4). Perhitungan sistem transmisi [14]

a). Putaran pulley

Sistem transmisi pada mesin pemipil jagung yang dipakai adalah sistem transmisi sabuk dan pulley. Putaran motor penggerak minimal yang direncanakan 1500 rpm. Data–data pada mesin yang direncanakan adalah pulley motor penggerak $d_1 = 60\ m$, dan pulley pada poros penghantar $d_2 = 75\ m$. Dengan mengabaikan slip pada sabuk maka jumlah putaran pada masing-masing pulley adalah sebagai berikut:

a. Putaran pulley pada mesin pemipil jagung (rpm).

$n_2 = \frac{n_1 x d_1}{d_2} = \frac{1\quad x6}{7} = 1200\ rt$.

Poros penghantar atau pemipil membutuhkan 1200 rpm dan berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka putaran pulley pemipil masih mampu untuk memutar mesin pemipil sebesar 198,24 rpm

b). Berat pulley

Berdasarkan dimensi pulley yang digunakan maka dapat ditentukan parameter sebagai berikut:

a. Nilai reduksi (i)

$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{7}{6} = 1{,}25.$

b. Lebar pulley (B)

$B = (n-1).e + 2f = (1-1)x15 + 2x12{,}5 = 25\ m$

c. Volume pulley pada poros penghantar (Vp)

$V \quad = \frac{®.d_2^2.B}{4} = \frac{3{,}14x75^2x25}{4} = 110390{,}625\ m^3$

d. Berat pulley pada poros penghantar (Wp)

$W \quad = V_p.° = 110390{,}625x7{,}8x10^{-6} = 0{,}86\ K$

e. Volume pulley pada motor penggerak (Vp)

$V \quad = \frac{®.d_2^2.B}{4} = \frac{3{,}14x60^2x25}{4} = 70650\ m^3$

f. Berat pulley pada motor penggerak (Wp)

$W \quad = V_p.° = 70650x7{,}8x10^{-6} = 0.55\ K$

c). Sabuk (Belt)

Transmisi sabuk-V digunakan untuk mereduksi putaran dari n_1 = 1500 rpm menjadi n_2 = 1200 rpm. Mesin pemipil jagung ini mempunyai variasi beban besar dan diperkirakan mesin bekerja selama 3-5 jam setiap hari, sehingga waktu koreksinya yaitu 1,5 (Sularso, 2002). maka perancangan v-belt(sabuk):

a. Kecepatan linier sabuk (v)

$$v = \frac{\pi.d_1 n_1}{60x1000} = \frac{3{,}14x60x1500}{60x1000} = 4{,}71\ m/d$$

b. Panjang sabuk rencana (L)

Jarak antara poros mesin penggerak dan poros penghantar (C) direncanakan 600 mm sehingga panjang sabuk adalah

$$L = 2C + \frac{®}{2}(d_2 + d_1) + \frac{1}{4x}(d_2 - d_1)^2$$

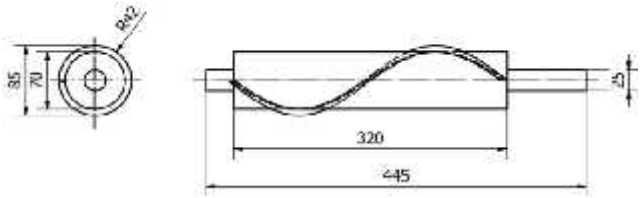
$$L = 2x600 + \frac{3{,}14}{2}(75+60) + \frac{1}{4x600}(75-60)^2$$

$$L = 1200 + \frac{3{,}14}{2}(135) + \frac{1}{4x600}(15)^2$$

$$L = 1200 + 211{,}95 + 0{,}094 = 1412\ m$$

d). Poros Penghantar

Poros merupakan bagian dari mesin pemipil jagung yang berfungsi sebagai penerus daya. Bahan poros penghantar terdiri dari dua bagian yaitu poros pejal diameter 25 mm dan pipa diameter luar 70 mm dan diameter daam 66 mm (Gambar 1).



Gambar 1. Poros Penghantar

a. Volume poros penghantar (Vp)

$$V_p = V_{p1} + V_{p2} = \frac{1}{4}.®.d_1^2.L_1 + \frac{1}{4}.®.d_2^2.L_2$$

$$V_p = \frac{1}{4}x3{,}14x25^2.445 + \frac{1}{4}x3{,}14x(70-66)^2x320$$

$$V_p = 218328{,}125 + 4019{,}2 = 222347{,}325\ m^3$$

b. Massa Poros (kg)

$$m_p = V_p.°(b\quad j\quad b\quad = 7{,}8x10^{-6}K\ /m^3)$$

$$m_p = 222347{,}325x7{,}8x10^{-6}) = 1{,}73\ K$$

5). Perhitungan gaya putar [14].

Data yang akan digunakan pada mesin pemipil jagung ini memiliki diameter poros penghantar yaitu 70 mm dan kecepatan putar yang dibutuhkan pada mesin 198,24 rpm.

a). Kecepatan putar pada poros penghantar (V),

$$V = \frac{\pi.d.n_E}{6\ x1} = \frac{3{,}1\ x6\ x1\ \ ,2}{6\ x1} = 0{,}726\ m/s.$$

Jadi kecepatan putar pada poros penghantar/tabung pemipil adalah 0,726 m/s. Mesin ini menggunakan poros ulir daya dengan sudut ulir 45°, dengan demikian kecepatan translasi poros penghantar sama dengan kecepatan putar poros sebesar 0,726 m/s.

b). Daya pada poros penghantar (HP)

Dihitung dari banyaknya jagung yang dimasukkan kedalam corong pemasukan, bila berat jagung f = 0,240 Kg/buah, massa poros penghantar + massa system transmisi + gaya pengencangan sabuk ≈ 15 Kg, dan kecepatan translasi poros penghantar v = 0,72 m/s, maka daya yang dibutuhkan untuk memipil jagung adalah:

$$p = \frac{f.v}{1} = \frac{(0{,}2\ \ +1\ \ )K\ \ x0{,}7}{1} = 0{,}1075\ H\ \ .$$

c). Daya pada motor penggerak (P)

Daya pada motor penggerak dihitung dari daya pada mesin pemipil dan effisiensi mesin 80%

$$P = \frac{p}{\eta} = \frac{0{,}1}{80\%} = 0{,}134\ H\ \ .$$

Mesin ini menggunakan mesin penggerak motor bakar (bensin). Dimana daya motor penggerak yang tersedia dipasaran adalah 5,5 Hp. Sehingga motor penggerak yang digunakan mesin ini adalah 5,5 HP dengan putaran minimal 198,24 rpm

6). Pembuatan dan perakitan komponen mesin.

Komonen mesin pemipil yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.

a. Rangka utama

b

c. Pisau pemipil

d

e

f. Corong keluar

Gambar 2. Komponen-komponen mesin pemipil jagung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin pemipil jagung yang *ergonomic*, maka telah diperoleh prototype mesin pemipil jagung kapasitas 200 Kg/jam (Gambar 3) dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1.

Gambar 3. Prototype mesin pemipil jagung kapasitas 200Kg/jam.

Tabel 1. Spesifikasi mesin pemipil jagung

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Dimensi	642 x 490 x 985 mm
2.	Mesin penggerak	Motor bensin, 5.5 Hp
3.	Putaran motor	500 - 3600 rpm
4.	Berat mesin pemipil jagung	± 35 Kg

Berdasarkan dari spesifikasi mesin di atas dapat dilihat bahwa ukuran mesin ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan ukuran mesin yang ada sebelumnya dan dengan ukuran yang kecil dan beratnya yang lebih ringan maka mesin ini dapat dipindahkan dengan mudah dan tidak membutuhkan ruang yang besar.

Mesin pemipil ini menggunakan tenaga penggerak motor bakar (bensin). Mesin ini memiliki desain yang sederhana dan system sambungan menggunakan baut sehingga lebih mudah dalam hal perawatan *(maintenance)*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin pemipil jagung yang *ergonomic* untuk kelompok tani, maka dapat disimpulkan: 1). Telah diperoleh prototype mesin pemipil jagung dengan spesifikasi: Dimensi mesin 642 x 490 x 985 mm, tenaga penggerak mesin bensin dengan putaran 500-3600 rpm, dan berat mesin ± 35 Kg, 2). Kapasitas pemipilan mesin pemipil jagung ini adalah 200 Kg/Jam pada putaran minimal 198,24 rpm, dan 3). Mesin pemipil jagung ini memiliki konstruksi yang *ergonomic* sehingga mudah dalam pengoperasian dan perawatan, dan 4). Dapat dioperasikan oleh satu orang operator.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. R. Rukmana. Usaha tani jagung. Kanisius. Yogyakarta, 1997.
[2]. Sudjudi. Alat pemipil jagung mudah dan murah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Nusa Tenggara Barat, 2004.
[3]. M. Aqil. Pengembangan metodologi untuk penekanan susut hasil pada proses pemipilan jagung. Jurnal Litbang Pertanian, 2010, Vol.29, No.3: 464 – 472.
[4]. U.I. Firmansyah. Teknologi pengeringan dan pemipilan untuk perbaikan mutu biji jagung. Jurnal Litbang Pertanian, 2006, Vol.22, No.3:330 - 342.
[5]. Harmaji. Rancang bangun alat pemipil jagung semi mekanis. Skripsi. Universitas Lampung, 2007.
[6]. A. Purwanto. Rancang bangun mesin pemipil jagung dengan kapasitas produksi 7 Kg/menit untuk usaha kecil menengah. (Laporan Tugas Akhir). Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2016.
[7]. Raharjo dan Kisdiyani. Pemipil dan penggiling jagung. PT Penebar Swadaya, Jakarta. 1996.
[8]. R. Romadhani. Evaluasi kinerja proses pemipilan jagung menggunakan mesin pemipil jagung tipe PJ – 700 untuk berbagai varietas jagung. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, 2014.
[9]. N. Rasid, L. Budianto, dan Tamrin. Modifikasi alat pemipil jagung semi mekanis (Modification of mechanical equipment semi corn sheller). Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 2014, Vol.3, No. 2: 163-172.
[10]. R. Rivanto. Modifikasi alat pemipil jagung semi mekanis. Skripsi. Universitas Lampung, 2009.
[11]. H. Tambunan, A.P. Munir, dan Sumono. Rancang bangun alat pemipil jagung (Design of mechanical corn sheller equipment). J. Rekayasa Pangan dan Pertanian, 2016, Vol.4 No. 2. 259.
[12]. R. Tjahjohutomo, dan Harsono. Alat pemipil jagung sederhana tipe bangku. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2006, Vol.28, No.4: 5 – 10.
[13]. M. Erwin. Rancang bangun mesin pemipil jagung kapasitas 200 Kg/jam (Laporan Tugas Akhir). Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2017.
[14]. Sularso dan K. Suga. Dasar perancangan dan pemilihan elemen mesin. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1983.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: 1). Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana yang diberikan, 2). Ketua, sekertaris, dan staf Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat PNUP atas arahan dan kepercayaan yang diberikan, dan 3). Tim pelaksana penelitian atas kerjasamanya dalam menyelesaikan penelitian ini.

PENGARUH GEOMETRI PUNCH TERHADAP *SPRINGBACK* PADA PROSES *AIR BENDING* UNTUK MATERIAL BAJA KARBON RENDAH St. 37

Muhammad Arsyad Suyuti[1)], Rusdi Nur[2)], Muh. Iswar[3)]
[1,2,3)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Bending is a very basic metal forming process that is generally used to form components or products from sheet metal plates in the manufacturing industry such as in the production of cars, airplanes, home furnishings and electronic components. The bending process consists of three types, namely air bending, wipe die bending and V-die bending. In the bending process to achieve the desired bending angle, there is a springback phenomenon that needs special attention. The purpose of this study was to analyze the effect of punch geometry on springback in the air bending process. The sheet metal material used is low carbon steel St. 37 thickness of 3 mm. The punch geometry that is varied is the punch angle 85°, 87.5^o, and 90° while the punch radius is 1.0 mm, 1.5 mm and 2.0 mm. The constant parameters are air bending V-die angle 85°, die groove width 33 mm and punch stroke 14.5 mm. In this experiment using universal testing machine (UTM) which functions as a press machine. The results showed that the more punch angles increased, the springback increased. Springback values obtained for all variations of the punch geometry parameters are 0.14^o to 6.75^o. The best springback is obtained at a punch angle of 87.5^o and a punch radius of 1.5 mm with the resulting springback of 4.83^o so that the bending angle formed is 89.83^o thus the difference with the desired bending angle (90°) is -0.17.

Keywords*: Springback,* air bending*, punch angle, punch radius, sheet metal and low carbon steel*

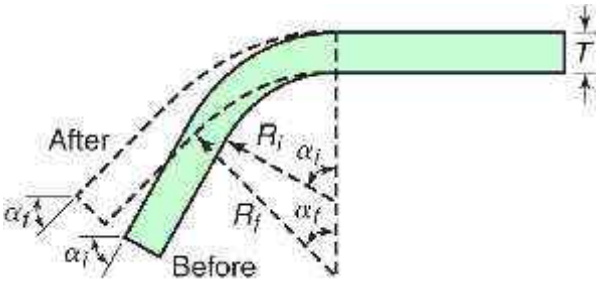
1. PENDAHULUAN

Sheet metal forming merupakan salah satu metode klasik dan tradisional pada pengerjaan logam dalam proses manufaktur yang digunakan secara luas dalam industri pabrikasi logam dan salah satu diantranya adalah proses *bending*. *Bending* adalah proses *metal forming* yang sangat dasar dan umumnya digunakan untuk komponen dari lebaran pelat. Sehingga *bending* juga merupakan proses penting dalam industri manufaktur yang banyak diterapkan dalam produksi mobil, pesawat terbang dan komponen elektronik [1]. Proses *bending* terdiri dari tiga tipe yaitu *air bending, wipe die bending* dan V-*die bending*. *Air bending* yang juga dikenal sebagai pembengkokan bebas adalah cara yang paling umum untuk membengkokkan lembaran logam karena fleksibilitasnya. Dalam *air bending*, sudut *bending* dibentuk dengan mengarahkan *punch* ke lembaran logam dan dibentuk oleh cetakan *die* yang terbuka [2]

Dalam proses bending khususnya proses *air bending* terdapat fenomena yang berpengaruh terhadap sudut *bending* pelat setelah gaya tekuk *punch* dilepaskan dimana sudut bending dapat terjadi perubahan menjadi lebih besar atau lebih kecil dari yang diharapkan yang biasa disebut *springback* [3]. Sedangkan menurut Ali Jabbari mengatakan bahwa springback adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pemulihan elastis lembaran logam setelah operasi pembengkokan selesai [4]. Springback dapat didefinisikan sebagai perubahan bentuk yang digerakkan secara elastis karena adanya deformasi yang terjadi selama pelepasan beban eksternal. Ini adalah fenomena fisik yang kompleks terutama diatur oleh kondisi tegangan yang diperoleh pada akhir deformasi [5]. Dalam membending material pelat *springback* merupakan hal yang sangat penting diperhatikan karena akan berpengaruh pada sudut bending yang dihasilkan. *Springback* yang terjadi pada setiap proses *bending* akan berbeda-beda tergantung karakteristik jenis material yang dibending. Oleh karena itu dalam proses *bending* untuk mendapatkan sudut *bending* sesuai yang diingingkan maka parameter-parameter dalam proses *bending* termasuk geometri *punch* dan *die* perlu dirancang dengan baik. Sehingga dalam *sheet metal forming* prediksi *springback* adalah persoalan yang sangat serius. Menurut Kumar. A terdapat banyak parameter yang mempengaruhi *springback* diantaranya sifat mekanik material, ketebalan lembaran pelat, sudut *punch*, radius *punch*, radius *die*, sudut *die* dan clearance antara *punch* dan *die*. Yang dimaksud sifat mekanik yaitu kekuatan tarik maksimum, elastisitas, dan kekerasan bahan [6]. Sedangkan menurut M.S. Buang parameter proses bending yang berpengaruh terhadap *springback* yaitu radius *die*, radius *punch*, lebar alur V *die* dan langkah *punch* pada berbagai variasi sudut tekuk [1].

[1] Korespondensi penulis: Muhammad Arsyad Suyuti, Telp. 081341573347, muhammadarsyadsuyuti@poliupg.ac.id

Karena s*pringback* merupakan parameter penting dalam perancangan perkakas dan mendapatkan geometri bagian yang diinginkan, sehingga prediksi *springback* adalah masalah yang cukup besar dalam pembentukan lembaran logam. Meskipun s*pringback* terjadi pada semua proses penekukan, namun yang paling mudah diamati adalah pada hasil penekukan. *Springback* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [7]:



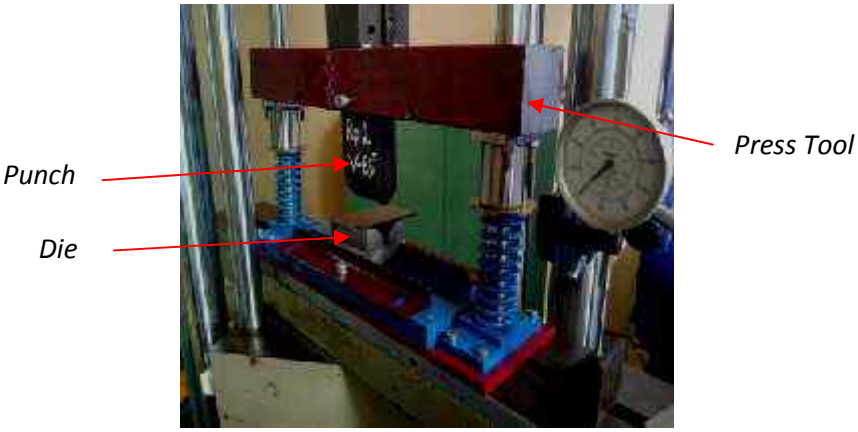
Gambar 1. *Springback* pada *Bending*

$$\frac{R_i}{R_f} = 4\left(\frac{R_i Y}{ET}\right) - 3\left(\frac{R_i Y}{ET}\right) + 1$$

Dimana: αf = sudut pada pelat yang ditekuk (°), αi = sudut *die* (°), R_f = radius pada pelat (mm), R_i = radius *punch* (mm), Y = kekuatan ulur (N/mm^2), E = modulus elastisitas (MPa), T = tebal pelat (mm).

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Metrologi Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Merek Galdabini Type PM 100 dengan kapasitas beban maks. 100 KN. Mesin UTM berfungsi sebagai mesin press untuk menekan *press tool*. Radius *punch* dan sudut *punch* yang dipasang pada *press tool* bervariasi. Pada gambar 2 berikut ini menunjukkan experimen proses tekuk dapat yang dilakukan:



Gambar 2. Eksprimen menggunakan *press tool* yang dipasang pada mesin UTM

Logam yang digunakan pada eksperimen ini yaitu jenis baja karbon rendah St.37. Adapun sifat mekanis material pelat baja karbon rendah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Table 2. Sifat mekanis baja karbon rendah St. 37

Kuat Tarik (N/mm^2)	Batas Ulur (N/mm^2)	Regangan (%)
389.33	322.66	31.25

Variasi parameter proses penekukan yang digunakan dalam eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Variasi parameter dalam eksperimen

Parameter Yang Digunakan Dalam Eksperimen		
Parameter konstan		
Lebar pelat	Ws (mm)	60
Panjang garis tekuk pelat	Ls (mm)	60
Tebal pelat	Ts (mm)	3.0
Lebar *die*	Wd (mm)	33
Langkah *punch*	(mm)	14.5
Sudut *die* (V *bending air*)	(^{o})	85
Parameter tidak konstan		
Sudut *punch*	(^{o})	85°, 87.5^o, 90°
Radius *punch*	rp (mm)	1.0, 1.5, 2.0

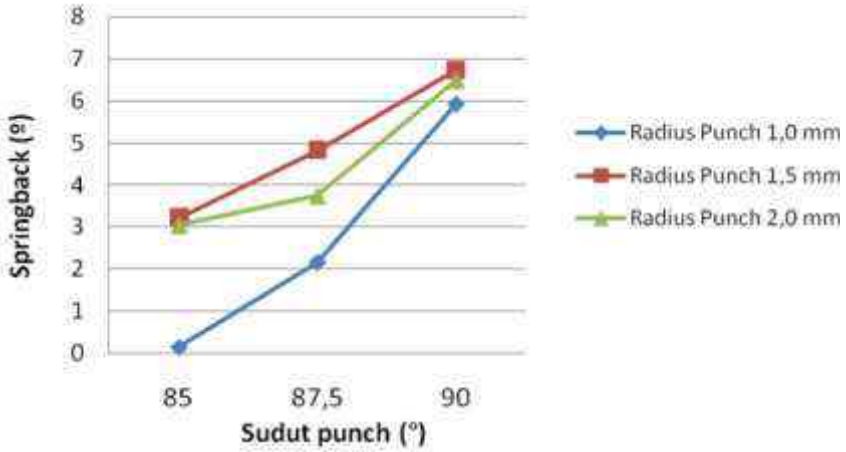
a) b c)

Gambar 3. Proses *Air Bending*: a) Awal pembebanan, b) Akhir pembebanan, c) Setelah pembebanan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Sudut *Punch*

Grafik pada gambar 4 berikut ini menunjukkan pengaruh sudut *punch* terhadap *springback* hasil eksprimen pada proses *bending air* menggunakan pelat baja karbon St. 37 ketebalan 3.0 mm dan garis *bending* 60 mm.



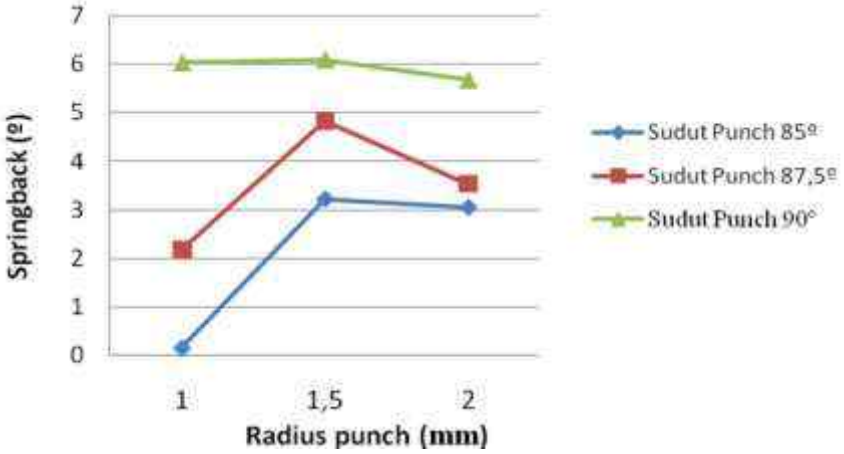
Gambar 4. Pengaruh sudut *punch* terhadap *spingback*

Dari grafik hubungan sudut *punch* dengan *springback* pada gambar 4 diatas memperlihatkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang terjadi juga semakin besar. Dalam eksperimen ini sudut *die bending air* konstan yaitu 85° dan sudut *bending* diharapkan tercapai yaitu 90°. Nilai *springback* terkecil diperoleh

pada sudut *punch* 85° dan radius *punch* 1.0 mm sedangkan nilai *springback* terbesar diperoleh pada sudut *punch* 90° dan radius *punch* 1.5 mm. Besar nilai *springback* yang dicapai pada semua variasi parameter geometri *punch* yaitu 0.14^o s.d 6.75^o. Sudut *bending* terbaik yang mendekati 90° diperoleh pada sudut *punch* 87.5^o dan radius *punch* 1.5 mm dengan *springback* 4.83^o sehingga sudut *bending* yang terbentuk 89.83^o dan penyimpangan sudut *bending* yang terjadi sebesar -0.17^0.

3.2. Pengaruh Radius *Punch*

Sedangkan grafik pada gambar 5 berikut ini menunjukkan pengaruh radius *punch* terhadap *springback* hasil eksprimen *bending air* pada material pelat baja karbon St. 37 dengan tebal 3.0 mm dan garis *bending* 60 mm.



Gambar 5. Pengaruh radius *punch* terhadap *spingback*

Sedangkan berdasarkan grafik hubungan radius *punch* dengan *springback* pada gambar 5 diatas memperlihatkan bahwa kecenderungan nilai *springback* terbesar terjadi pada radius *punch* 1.5 mm sedangkan radius *punch* 1.0 mm dan 2.0 mm menghasilkan *springback* ccnderung lebih kecil dibandingkan dengan radius *punch* 1.5 mm. Nilai *springback* yang dihasilkan untuk semua variasi parameter *punch* yaitu 0.14^o s.d 6.75^o. Sudut *bending* terbaik diperoleh pada sudut *punch* 87.5^o dan radius 1.5 mm dengan *springback* 4.83^o, sudut *bending* yang terbentuk 89.83^o dan penyimpangan sudut *bending* yang terjadi sebesar -0.17^0.
Pada eksprimen sebelumnya Muhammad Arsyad Suyuti dkk. dengan memvariasikan parameter: sudut *punch* 80°, 85°, dan 90°, radius *punch* 2.0 mm, 4.0 mm dan 6.0 mm, *die* tipe *bottoming* dengan sudut 90°, jenis material pelat St. 52 ketebalan 6 mm dihasilkan springback yang umumnya negatif dengan nilai -9.97 ^{o} s.d 0.14 ^{o} [8]. Pada penelitian lainya Muhammad Arsyad Suyut dkk dengan parameter *punch* dan *die* yang sama, namun jenis dan tebal material berbeda yaitu material pelat baja karbon St.60 (kuat tarik maks, 608.750 MPa, tebal 4.0 mm) *springback* yang terjadi umumnya negatif berati sudut *bending* yang terbentuk kurang dari 90° dan terdapat beberapa parameter *springback* yang dihasilkan positif yang berati sudut *bending* yang terbentuk lebih besar dari 90° [9]. Dan yang terakhir Muhammad Arsyad Suyuti dkk melakukan penelitian untuk jenis material baja ASTM A36 (kuat tarik maks. 416.062 Mpa) ketebalan 2.0 mm dengan parameter proses bending yang sama diatas maka diperoleh besar *springback* hasil *bending* yang terjadi sebesar 5.97^o s.d 8.25^o [10]. Hasil penelitian tersebut mengkonfirmasi beberapa jurnal yang menyebutkan bahwa beberapa faktor yang berpengaruh terhadap *springback* diantaranya sudut *punch* dan radius *punch* serta faktor-faktor lainnya seperti sudut *die*, radius *die*, jenis material dan ketebalan pelat [1, 6, 11 &12,]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sudut *bending* pada eksprimen ini, maka disimpulan sebagai berikut:

1. Geometri *punch* baik sudut *punch* maupun radius *punch* berpengaruh signifikan terhadap *springback* hasil pembending pelat.
2. Hasil eksprimen *air bending* ini untuk sudut *die* 85°, panjang langkah 14.5 mm dan material baja St. 37 ketebalan 3 mm menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang terjadi cenderung semakin besar pula.

3. Sudut hasil *bending* yang mendekati sudut 90° diperoleh pada sudut *punch* 87.5^o dan *radius* 1.5 mm dengan yang terjadi *springback* sebesar 4.83^o sehingga sudut *bending* yang terbentuk $89{,}83^o$ dengan penyimpangan sudut *bending* sebesar -0.17^0.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Buang MS, Abdullah SA, Saedon J. Effect of die and punch radius on springback of stainless steel sheet metal in the air v-die bending process. Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2015 Jun;8:1322-31.

[2] Gupta TR, Payal HS. Effect of Die and Punch Geometry on Spring Back in Air Bending of Electrogalvanized CR4 Steel. International Journal of Applied Engineering Research. 2017;12(11):2792-7.

[3] Kazan R, Fırat M, Tiryaki AE. Prediction of springback in wipe-bending process of sheet metal using neural network. Materials & design. 2009 Feb 1;30(2):418-23.

[4] JABBARI1a AL, SHOKOOHI SS. SPRINGBACK REDUCTION IN SHEET METAL BENDING PROCESS. Indian J. Sci. Res. 2014;1(2):400-3.

[5] Samuel M. Experimental and numerical prediction of springback and side wall curl in U-bendings of anisotropic sheet metals. Journal of Materials Processing Technology. 2000 Sep 29;105(3):382-93.

[6] Kumar A, Viswanath P, Mahesh K, Swati M, Kumar PM, Abhijit A, Singh S. Prediction of springback in V-bending and design of dies using finite element simulation. International Journal of Materials and Product Technology. 2010 Jan 1;39(3-4):291-301.

[7] Kalpakjian S. Manufacturing Engineering & Technology Access Code. Prentice Hall; 2009.

[8] Suyuti MA, Nur R. The Influence of Punch Angle on the Spring Back during V-Bending of Medium Carbon Steel. InAdvanced Materials Research 2015 (Vol. 1125, pp. 157-160). Trans Tech Publications.

[9] Suyuti MA, Nur R, Iswar M. SPRINGBACK HASIL PROSES TEKUK BENTUK “V “PELAT BAJA KARBON St. 60 KETEBALAN 4 mm. InSeminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2018 Dec 30.

[10] Suyuti MA, Iswar M, Nur R. Effect of Punch Parameters on Springback for Mild Carbon Steel in A V-Shape Bending Process. InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019 Jun (Vol. 541, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

[11] Ng CH, Lai CF, Yahaya SN, Shamsudin S, Ahmad SN, Sharrifuddin F. Effect of initial blank temperature in hot press forming towards 22MnB5 springback failure. Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2019 Jun 28;13(2):5137-49.

[12] Suyuti, M. A. (2015). Rancang Bangun Simpel *Press Tool* untuk *Bending V Bottoming*. *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, *13*(2).

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada: 1). Kemenristekdikti atas dana desentralisasi program penelitian dan pengabdian masyarakat tahun 2019 yang telah diberikan. 2). Direktur dan Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memberikan kesempatan untuk mengikuti program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini. 3) Semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat memenuhi tujuan yang diharapkan dan dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, khususnya bagi industri yang banyak melakukan proses pabrikasi untuk pembentukan logam (*metal forming*) khususnya proses bending. Akhirnya kepada Allah-lah kami serahkan semuanya, semoga segala aktivitas kita dinilai-Nya sebagai ibadah dan mendapatkan amal jariah dari-Nya. Amin !!!.

ANALISIS STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM ADC12 PADA PENGECORAN SEMI SOLID DENGAN PENGADUK MEKANIK JENIS TURBIN

Syaharuddin Rasyid[1)], Muas M[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

A new method using a merger between the casting process and the forming process has been developed. One method used is the semisolid forming process. The semisolid forming process, also called the semiliquid forming process, semisolid casting or semiliquid casting is a metal working process that is carried out in a mixture of liquid and solid phase conditions (semisolid or semiliquid). The semisolid forming process requires nondendritic micro alloy metal raw materials. This study aims to analyze the effect of stirring parameters (blade angle and stirrer rotation) and pour temperature on the micro structure of the ADC12 aluminum alloy. The research method is done by gravity casting using metal molds. The ADC12 aluminum slurry is stirred at 5°C above the pouring temperature with a mechanical turbine model at 300, 400 and 500 rpm for 20 seconds. The angle of the stirring bar is 0°, 15°, and 30°. Next, the ADC12 aluminum slurry is poured into a metal mold with pouring temperatures of 565, 570, and 575°C. Microstructural characteristics were examined by direct observation using an optical microscope. The grain size was identified using Image J. software the microstructure of the ADC12 aluminum alloy made with semi-solid casting technology using a mechanical stirring model has been studied. The results obtained can be concluded: a). There is a microstructure difference of the ADC12 aluminum alloy after semi-solid casting using turbine type mechanical stirrer with 3 blade angle variations, b). The higher the rotational speed, the greater the grain size and the higher the pouring temperature, the greater the grain size, c). The mechanical stirrer model with a blade angle of 0° produces smaller grain sizes than the angle of the other stirrer blades (blade angles of 15°, and 30°), and d). The smallest grain size occurs at an angle of 0°, pouring temperature 565°C, and rotation of 600 rpm at 14.46 μm.

Keywords*: Microstructure, ADC12, Stir casting, Turbine.*

1. PENDAHULUAN

Metode baru menggunakan penggabungan antara proses pengecoran dan proses pembentukan telah dikembangkan. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan proses semisolid forming. Proses semisolid forming, disebut juga proses semiliquid forming, semisolid casting atau semiliquid casting adalah proses pengerjaan logam yang dilakukan dalam kondisi campuran fasa cair dan padat (semisolid atau semiliquid). Proses semisolid forming memerlukan bahan baku paduan logam yang berstruktur mikro nondendritic.

Proses semisolid forming memiliki kelebihan dibandingkan dengan pengecoran konvensional dan pembentukan konvensional. Bila dibandingkan dengan proses pengecoran konvensional, proses semisolid forming memiliki kelebihan karena cacat porositas relatif rendah sehingga keuletan dan kekuatannya relatif tinggi. Jika dibandingkan dengan pembentukan konvensional, proses semisolid forming memiliki kelebihan karena dapat membentuk produk logam yang relatif kompleks dengan gaya pembentukan yang relatif kecil.

Pada proses pengecoran semi solid, kompleksitas bentuk produk yang dapat dibuat dan kecepatan produksi lebih tinggi bila dibandingkan dengan pembentukan konvensional (forging process). Selain itu, gaya pembentukan proses pengecoran semi solid juga lebih rendah karena terdapat fasa cair pada bahan baku. Kondisi bahan baku pada proses pengecoran semi solid diperoleh dengan cara memanaskannya di antara temperatur solid dan temperatur liquid (Mohammad et. al [1]).

Menurut Rudi et. al [2] Pengecoran pada temperatur yang lebih rendah akan meningkatkan akurasi dimensi dan meningkatkan umur cetakan. Bahan baku yang digunakan untuk proses pengecoran semi solid adalah logam yang mempunyai struktur *nondendritic*. Oleh karena itu, keberhasilan proses pembuatan suatu produk dengan pengecoran semi solid adalah sangat penting mengkondisikan bahan baku memiliki struktur mikro yang bulat.

Penelitian yang berkaitan dengan proses pengadukan menggunakan beberapa model pengaduk mekanik pada aluminium melt (simulasi) telah banyak dilaporkan oleh beberapa peneliti [3-13)], sehingga masih dimungkinkan dilakukan penelitian lebih lanjut dalam bentuk eksperimen.

[1] Korespondensi penulis: Syaharuddin Rasyid, Telp 081354933670, syaharuddinrasyid@poliupg.ac.id

Murthy et. al [6] telah meneliti model turbulensi standar k-ε, RSM dan LES dalam bejana yang diaduk oleh berbagai desain impeller. Jenis desain impeller yang digunakan adalah disc turbine (DT), a variety of pitched blade down flow turbine impellers varying in blade angle (Standard PBTD60, 45 and 30), dan hydrofoil (HF) impeller. Kesimpulan yang diperoleh adalah DT menghasilkan ketidakstabilan terkuat dan HF menghasilkan ketidakstabilan terlemah.

Yamamoto et. al [13] telah menginvestigasi desain impeller dan pola aliran dengan pengaduk mekanik pada cairan aluminium. Model pengaduk atau impeller yang digunakan memiliki sudut puntir θ adalah 15°, 30°, 45°, dan 60°. Hasil pengujian mengungkapkan bahwa sudut puntir mempengaruhi kekuatan dan arah aliran pelepasan. Kekuatan aliran pelepasan menjadi lebih lemah dengan meningkatkan sudut puntir sementara arah aliran dipengaruhi oleh permukaan sudu impeller dan interval ruang antara sudu yang berdekatan. Struktur trailing vortices juga bervariasi tergantung pada sudut puntir impeller.

Rasyid [14] membandingkan sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium ADC12 pada suhu tuang yang berbeda dan persiapan slurry aluminium yang diaduk dan tidak diaduk. Terdapat perbedaan *secondary dendrite arms surface* atau ukuran butir pada paduan aluminium ADC12 yang diaduk dan tidak diaduk. Suhu tuang berpengaruh terhadap sifat mekanik paduan aluminium ADC12, semakin tinggi suhu tuang maka semakin besar *secondary dendrite arms surface* atau ukuran butir. Suhu tuang yang tepat untuk menghasilkan diameter butir yang kecil berada pada range temperatur 580-620°C.

Rasyid [15] membandingkan parameter pengadukan (kecepatan dan waktu) pada sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium ADC12. Pengadukan singkat di bawah suhu liquidus untuk membentuk struktur non-dendritic. Kecepatan pengadukan mempengaruhi struktur mikro paduan aluminium ADC12.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu pada proses pengecoran semi solid paduan aluminium ADC12 dengan menggunakan pengaduk mekanik (Rasyid [14, 15]), maka masih dimungkinkan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan beberapa variasi model pengaduk dan parameter pengadukan yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh parameter pengadukan (sudut bilah dan putaran pengaduk) dan suhu tuang terhadap struktur mikro paduan aluminium ADC12.

2. METODOLOGI PENELITIAN

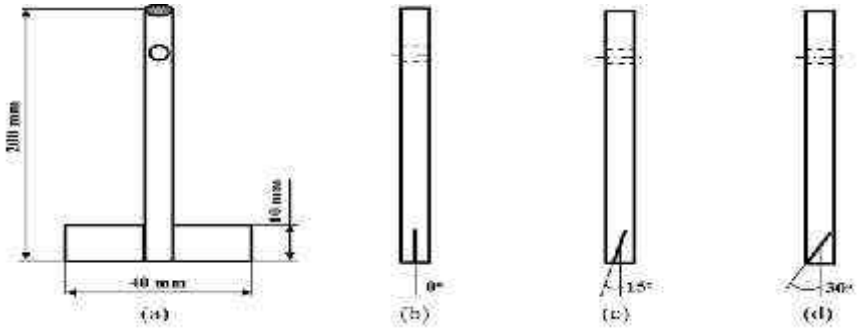
Pada penelitian ini menggunakan paduan aluminium ADC12. Berdasarkan hasil pengujian komposisi paduan aluminium ADC12 diperoleh data pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi paduan aluminium ADC12.

Paduan Aluminium ADC12	**Weight %**											
	Si	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Mg**	**Zn**	**Ti**	**Cr**	**Ni**	**Pb**	**Sn**	**Al**
	9.55	2.01	0.91	0.16	0.22	1.31	0.03	0.02	0.14	0.11	0.02	85.49

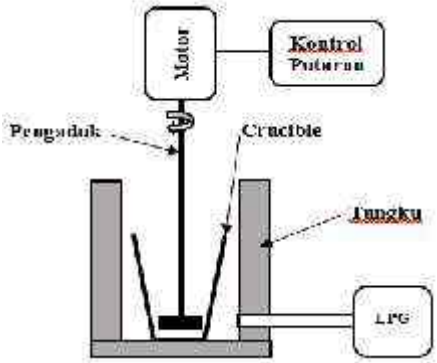
Berdasarkan hasil pengujian komposisi ini dapat diketahui bahwa prosentase unsur Si yang terbesar, sehingga suhu tuang minimum berdasarkan diagram fasa Al-Si adalah 600°C, namun berdasarkan ASM Handbook [17], suhu cair paduan aluminium ADC12 adalah 516 - 582°C. Suhu tuang yang digunakan pada penelitian ini adalah 565, 570, dan 575°C.

Model pengaduk mekanik yang digunakan adalah pengaduk jenis turbin dua bilah. Variasi sudut bilah adalah 0 ^{o}, 15 ^{o}, dan 30° (Gambar 1).



Gambar 1. Model pengaduk jenis turbin dua bilah (a) dengan sudut bilah 0° (b), 15° (c), dan 30° (d)

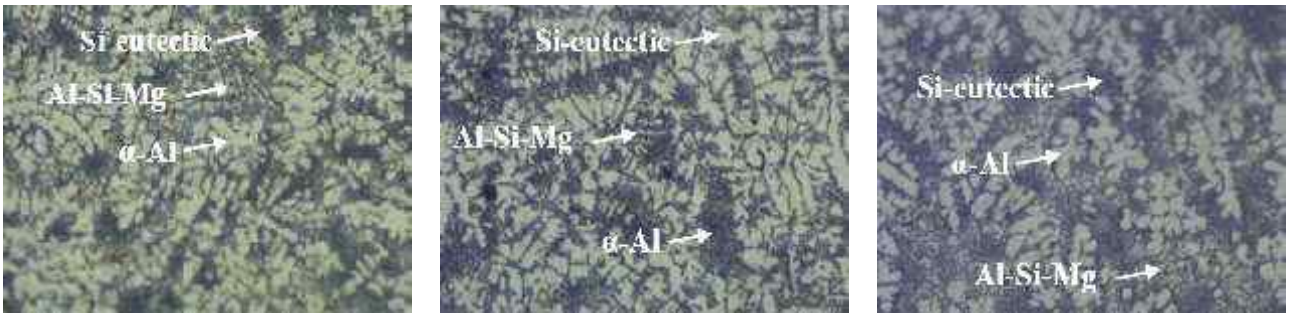
Bahan dan peralatan yang digunakan pada proses peleburan aluminium adalah aluminium ADC12, gas LPG, tungku pelebur, alat pengaduk, cetakan logam, tungku pemanas cetakan logam, alat pengatur putaran, pengukur temperatur jenis infrared dan thermocouple, dan alat pelindung panas. Gambar skematik dari proses pengecoran dapat dilihat pada Gambar 2. Aluminium yang telah dilebur dan dituang selanjutnya dibuat spesimen uji struktur mikro. Hasil pengujian struktur mikro dianalisis menggunakan software ImageJ.



Gambar 2. Skema proses pengecoran semi solid

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 memperlihatkan perbandingan struktur mikro pada paduan aluminium ADC12 yang diaduk dengan pengaduk mekanik (variasi sudut bilah pengaduk, pembesaran 200X, suhu tuang 565°C, putaran 400 rpm dan waktu pengadukan selama 20 detik).

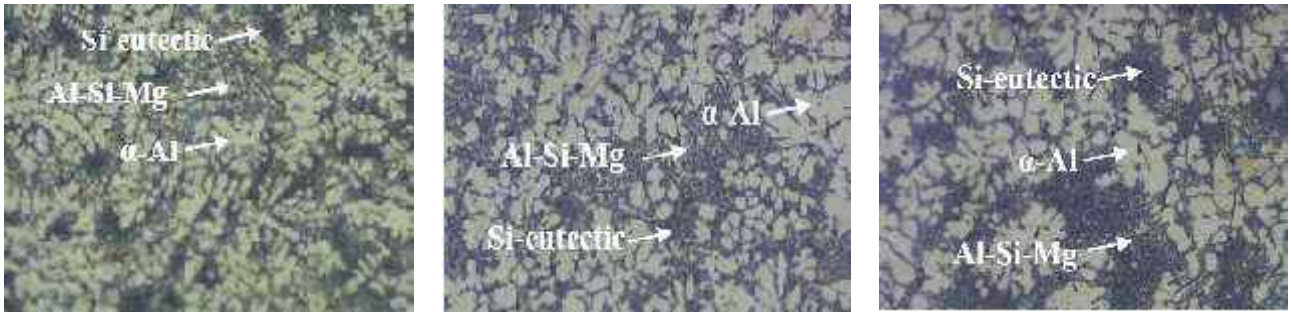


(a) (b) (c)

Gambar 3. Struktur mikro ADC12 hasil pengecoran dengan metode stir casting (sudut bilah; 0° (a),15° (b), dan 30° (c))

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 3a dapat dilihat bahwa unsur silicon (warna hitam) pada paduan aluminium lebih merata di dalam matriks aluminium (warna putih) yang diaduk dengan sudut bilah pengaduk 0° bila dibandingkan dengan struktur mikro pada Gambar 3b (sudut bilah pengaduk 15°) dan Gambar 3c (sudut bilah pengaduk 30°). Bila unsur Si relatif lebih merata, maka sifat mekanik paduan aluminium ADC12 lebih baik. Jika ditinjau dari ukuran butir, maka Gambar 3a memiliki ukuran butir relatif lebih kecil dan merata dari pada ukuran butir pada Gambar 3b dan Gambar 3c. Ukuran butir yang lebih kecil memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

Gambar 4 memperlihatkan perbandingan struktur mikro pada paduan aluminium ADC 12 yang diaduk dengan pengaduk mekanik (variasi putaran, pembesaran 200X, sudut bilah 0°, suhu tuang 565°C, dan waktu pengadukan selama 20 detik).

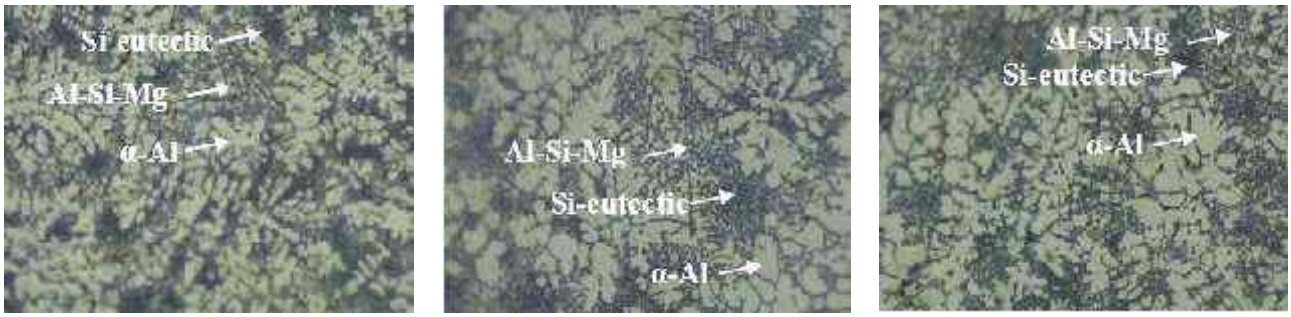


(a) (b) (c)

Gambar 4. Struktur mikro ADC 12 hasil pengecoran dengan metode stir casting (putaran pengaduk; 400 rpm (a), 500 rpm (b), dan 600 rpm(c))

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 4a dapat dilihat bahwa unsur Si (warna hitam) pada paduan aluminium lebih merata di dalam matriks aluminium (warna putih) yang diaduk dengan putaran pengaduk 400 rpm bila dibandingkan dengan struktur mikro pada Gambar 4b (500 rpm) dan Gambar 4c (600 rpm). Bila unsur Si relatif lebih merata, maka sifat mekanik paduan aluminium ADC12 lebih baik. Jika ditinjau dari ukuran butir, maka Gambar 4a memiliki ukuran butir relatif lebih kecil dan merata dari pada ukuran butir pada Gambar 4b dan Gambar 4c.

Gambar 5 memperlihatkan perbandingan struktur mikro pada paduan aluminium ADC 12 yang diaduk dengan pengaduk mekanik (variasi suhu tuang, pembesaran 200X, sudut bilah 0°, putaran pengaduk 400 rpm, dan waktu pengadukan selama 20 detik).

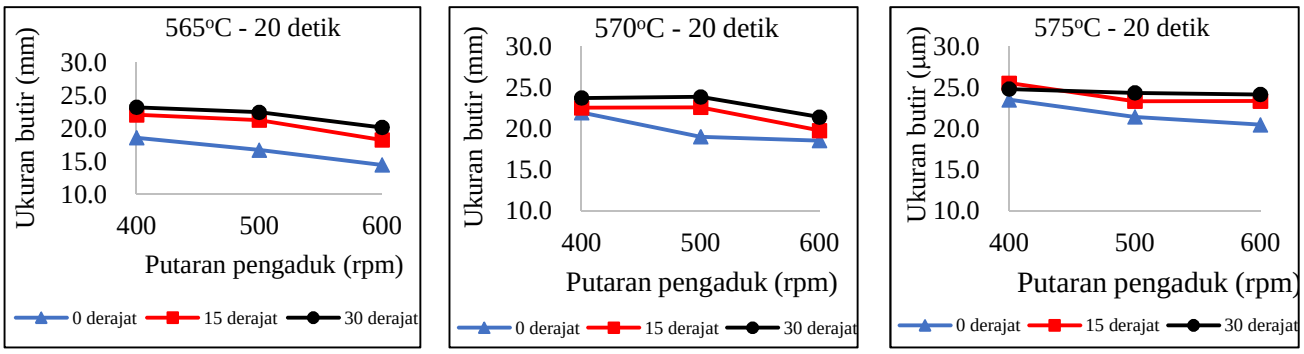


(a) (b) (c)

Gambar 5. Struktur mikro ADC 12 hasil pengecoran dengan metode stir casting (suhu tuang; 565^oC (a), 570^oC (b), dan 575^oC (c))

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 5a dapat dilihat bahwa unsur silikon (warna hitam) pada paduan aluminium lebih merata di dalam matriks aluminium (warna putih) yang dituang pada suhu 565^oC bila dibandingkan dengan struktur mikro pada Gambar 5b (suhu 570^oC) dan Gambar 5c (suhu 575^oC). Bila unsur silikon lebih merata, maka sifat mekanik paduan aluminium ADC12 lebih baik. Jika ditinjau dari ukuran butir, maka Gambar 5a memiliki ukuran butir relatif lebih kecil dan merata dari pada ukuran butir pada Gambar 5b dan Gambar 5c.

Berdasarkan foto struktur mikro, maka dilakukan proses pengukuran ukuran butir dengan menggunakan software Image J. Grafik hubungan antara ukuran butir dan putaran pengaduk paduan aluminium ADC12 dapat dilihat pada Gambar 6.



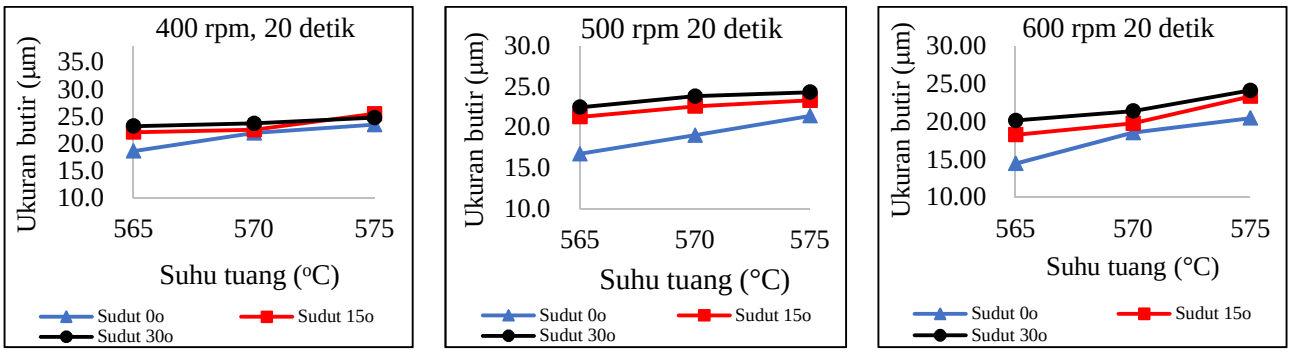
(a) (b) (c)

Gambar 6. Grafik ukuran butir ADC12 terhadap putaran pengaduk

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 6 bahwa semakin besar putaran pengaduk maka ukuran butir semakin kecil. Hal ini terjadi karena dengan meningkatnya kecepatan putar pengaduk maka gaya geser yang diberikan kepada *slurry* aluminium semakin besar. Gaya geser yang diberikan pada slurry aluminium akan menghambat pertumbuhan butir sehingga struktur dendritic dapat diubah menjadi *non-dendritic*. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Reisi *and* Niroumand [17] yang menyatakan bahwa pengadukan ditunjukkan untuk mempengaruhi ukuran partikel rata-rata terutama selama tahap awal pembekuan. Meskipun faktor bentuk rata-rata partikel primer relatif tidak sensitif terhadap variasi besar dalam kecepatan pengadukan, kecepatan pengadukan yang lebih tinggi membuat bentuk dan ukuran partikel primer lebih seragam. Kecepatan pengadukan yang lebih tinggi juga menghasilkan aglomerat partikel primer yang lebih kecil dan lebih bulat.

Bila ditinjau dari variasi sudut bilah pengaduk, maka sudut bilah 0° menghasilkan ukuran butir lebih kecil dari sudut bilah lainnya (15° dan 30°). Fenomena ini terjadi pada suhu tuang 565°C, 570°C, dan 575°C. Pada temperatur pengadukan 570°C (5°C di atas suhu tuang), fraksi padat pada cairan paduan aluminium ADC12 sudah tinggi sehingga dendrit yang terbentuk pada awal pembekuan tidak terlalu kuat dan dapat patah bila diberi agitasi. Selanjutnya, akibat proses pengadukan, patahan dendrit tersebut berubah bentuk menjadi non dendritis dan ukuran butir lebih kecil. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yamamoto [13] yang menyatakan bahwa sudut bilah pengaduk mempengaruhi kekuatan dan arah aliran pelepasan. Kekuatan aliran pelepasan menjadi lebih lemah dengan meningkatkan sudut bilah, sedangkan arah aliran dipengaruhi oleh permukaan sudu impeller dan interval ruang antara sudu yang berdekatan. Struktur pusaran (trailing vortices) juga bervariasi tergantung pada sudut impeller.

Pada penelitian ini juga dianalisa hubungan antara ukuran butir dan suhu tuang. Grafik hubungan antara ukuran butir dan suhu tuang paduan aluminium ADC12 dapat dilihat pada Gambar 7.



(a) (b) (c)

Gambar 7. Grafik diameter butir ADC12 terhadap suhu tuang

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 7 diketahui bahwa semakin besar suhu tuang maka ukuran butir paduan aluminium ADC12 semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena pada suhu tuang yang lebih tinggi memiliki fraksi padat yang lebih kecil sehingga waktu pertumbuhan butir lebih banyak yang menyebabkan ukuran butir lebih besar. Hasil ini sudah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Das et. al [18] yang menyatakan bahwa fraksi padat semakin meningkat seiring dengan menurunnya suhu tuang.

4. KESIMPULAN

Struktur mikro paduan aluminium ADC12 dibuat dengan teknologi pengecoran semi solid menggunakan model pengadukan mekanis telah dipelajari. Hasil yang diperoleh dapat disimpulkan: a). Terdapat perbedaan struktur mikro dari paduan aluminium ADC12 setelah pengecoran semi solid menggunakan pengaduk mekanis jenis turbin dengan 3 variasi sudut bilah, b). Semakin tinggi kecepatan putar maka nilai diameter butir semakin besar dan semakin tinggi suhu tuang maka nilai diameter butir semakin besar, c). Model pengaduk mekanis dengan sudut bilah 0° menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil dari sudut bilah pengaduk pengaduk lainnya (sudut bilah 15°, dan 30°), dan d). Ukuran butir terkecil terjadi pada sudut bilah 0°, suhu tuang 565oC, dan putaran 600 rpm sebesar 14.46 μm.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Mohammad Mezbahul-Islam, Ahmad Omar Mostafa and Mamoun Medraj. Essential Magnesium Alloy Binary Phase Diagrams and Their Thermochemical Data. Journal of Material. 33 pages, Volume 2014.

[2]. R.S. Rudi, S. Kamado, N. Ikeya, T. Araki, and Y. Kojima. High Temperature Strength of Semi Solid Formed Mg-Zn-Al-Ca Alloys., Material Science Forum. Trans Tech Publications, Switzerland. Vols. 350-351. PP. 79-84. 2000.

[3]. S.T. Johansen, S. Graadahl, and T.F. Hagelien. Entrainment of inclusions from the dross in stirred reactors for melt treatment. Appl. Math. Model. 28, 63–77, 2004.

[4]. Warke, V.S., Tryggvason, G., Makhlouf, M.M., Mathematical modeling and computer simulation of molten metal cleansing by the rotating impeller degasser Part I. Fluid flow. J. Mater. Process. Technol. 168, 112–118, 2005.

[5]. Warke, V.S., Shankar, S., Makhlouf, M.M. Mathematical modeling and computer simulation of molten cleansing by the rotating impeller degasser Part II. Removal of hydrogen gas and solid particles. J. Mater. Process. Technol. 168, 119–126, 2005.

[6]. B.N. Murthy and J.B. Joshi, Assessment of standard k-ε, RSM and LES turbulence models in a baffled stirring vessel agitated by various impeller designs. Chem. Eng. Sci. 63, 5468–5495, 2008.

[7]. Mirgaux, O., Ablitzer, D., Waz, E., Bellot, J.P. Mathematical modeling and computer simulation of molten aluminum purification by floatation in stirred reactor. Metall. Mater. Trans. B 40B, 363–374, 2009.

[8]. Saternus, M., Influence of impeller shape on the gas bubbles dispersion in aluminium refining process. J. Achiev. Mater. Manuf. Eng. 55, 285–290, 2012.

[9]. E.R. Gómez, R. Zenit, C.G. Rivera, G. Trápaga, and M.A. Ramírez-Argáez. Physical modeling of fluid flow in ladles of aluminum equipped with impeller and gas purging for degassing. Metall. Mater. Trans. B 44B, 974–983, 2013.

[10]. M. Hernández-Hernández, J.L. Camacho-Martínez, C. González-Rivera, and M.A. Ramírez Argáez, Impeller design assisted by physical modeling and pilot plant trials. J. Mater. Process. Technol. 236, 1–8, 2016.

[11]. D. Abreu-López, A. Amaro-Villeda, A. Acosta-González, C. González-Rivera, M.A. Ramírez Argáez. Effect of the impeller design on degasification kinetics using the impeller injector technique assisted by mathematical modeling. Metals 7, 132, 2017.

[12]. E. Mancilla, W. Cruz-Méndez, I.E. Garduño, C. González-Rivera, M.A. Ramírez-Argáez, and G. Ascanio. Comparison of the hydrodynamic performance of rotor-injector devices in a water physical model of an aluminum degassing ladle. Chem. Eng. Res. 118, 158–164, 2017.

[13]. T. Yamamoto, A. Suzuki, S.V. Komarov, and Y. Ishiwata. Investigation of impeller design and flow structures in mechanical stirring of molten aluminum Journal of Materials Processing Tech. 261 164-172, 2018.

[14]. S. Rasyid, E. Arif, H. Arsyad, dan M. Syahid. Effect of the mechanical stirrer and pouring temperature on semi solid rheocasting of ADC12 al alloy: mechanical properties and microstructure. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. (13-6): 2032-2037, Marc. 2018.

[15]. S. Rasyid, E. Arif, H. Arsyad, dan M. Syahid. Effects of stirring parameters on the rheocast microstructure and mechanical properties of aluminum alloy ADC12. MATEC Web of Conferences 197, 12004, Sept. 2018.

[16]. ASM Handbook. 1990. Properties and Selection: Non-ferrous Alloys and Special purpose Materials, ASM International, Materials Park, OH, 10th ed., vol. 2, 1990.

[17]. M Reisi and B. Niroumand. Effects of Stirring Parameters on The Rheocast Structure of Al–7.1wt.%Si Alloy. Journal of Alloys and Compounds. 470: 413-419, 2009.

[18]. P. Das, S.K. Samanta, H. Chattopadhyay, and P. Dutta. Effect of Pouring Temperature on Cooling Slope Casting of Semi-Solid Al-Si-Mg Alloy. Acta Metall. Sin. Vol.25 No.5 pp329-339, 2012.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: 1). Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana yang diberikan, 2). Ketua, sekertaris, dan staf Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat PNUP atas arahan dan kepercayaan yang diberikan, dan 3). Tim pelaksana penelitian atas kerjasamanya dalam menyelesaikan penelitian ini.

RANCANG BANGUN MEDIA CETAK KOMPOSIT SERAT ALAM DENGAN SISTEM HAND LAY UP

Yan Kondo[1)], Muhammad Arsyad[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The long-term goal of this research is to make a natural composite molding device. The specific target to be achieved in this study is to make coconut fiber fiber composite media using the hand lay up method. To achieve these goals and targets, the method of carrying out this research is divided into 4 (four) plays (1) preparation, (2) component making, (3) preparation and testing, and (4) analysis of test results. The materials used include iron plates, plates, gas stoves, coconut fiber, polyster resin, catalyst. Test the tools carried out by stages (a) inserting the fibers into the mold, (b) insert the polyester resin that has been mixed with the catalyst, (c) turn on the gas stove to melt the matrix, (d) close the mold, (e) after 15 containers the stove is turned off, (f) after the cold coconut coir fiber composite is removed from the mold. Composite manufacturing is done by two methods, namely the method without heating, and the method with heating. Good coconut fiber composites were obtained by the non-heating method in a random arrangement of fibers with a ratio of fiber to resin, 36:64.

Keywords*: composite; mold; natural fiber; coconut*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material komposit yang demikian pesat dewasa ini menjadi hal sangat urgen dalam teknologi bahan. Komposit serat alam semakin berkembang yang saat ini bersaing dengan komposit matrik logam. Salah satu ciri khusus material komposit serat alam yaitu ringan. Oleh karena itu, material komposit serat alam akan diproyeksikan menjadi material pengganti pada logam pada penggunaan tertentu. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh serat alam diantaranya jumlahnya melimpah, ramah lingkungan, biaya produksi rendah, dan elastis. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekamik dari masing-masing material pembentuknya berbeda [1]. Komposit dapat juga didefinisikan sebagai campuran makroskopik dari penguat dan matrik.Dari campuran tersebut akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Berdasarkan material pembentuknya komposit dibagi menjadi dua yaitu serat alam (*natural fibers*) dan serat buatan (*synthetic fibers*). Fiber yang diartikan serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian, seperti pabrik pembuatan tali, industri tekstil, industri kertas, produksi komponen struktural untuk kontruksi otomotif dan penerbangan.

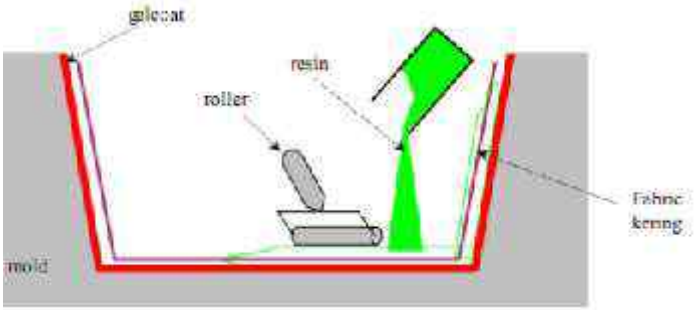
Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikasi yang disesuaikan dengan jenis matriks penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan, namun pada umumnya diklasifikasikan sebagai cetakan terbuka atau tertutup. Proses cetakan terbuka dengan cetakan berongga tunggal dapat menghasilkan produk tanpa atau dengan tekanan yang rendah. Proses cetakan tertutup menggunakan cetakan yang terdiri dari dua bagian yang umumnya dibuat dari logam. Pada umumnya komposit dicetak dengan metode cetakan terbuka, tetapi untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan membutuhkan waktu yang relatif lama karena memerlukan keterampilan tangan. Sebagaimana uraian sebelumnya, maka yang menjadi permasalah dalam penelitian ini ialah bagaimana merancang dan membuat media cetak komposit serat alam.

Berdasarkan penempatannya ada beberapa tipe serat pada komposit menurut Gibson (1994), yaitu:(1) Komposit Serat Anyaman: Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah. (2) Komposit Gabungan: Komposit gabungan merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat menganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihannya, (3) Komposit Serat Panjang: Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan, (4) Komposit Serat Pendek: Komposit ini adalah tipe komposit dengan

[1]Korespondensipenulis: Yan Kondo, Telp 081342317363, yankondo@poliupg.ac.id

serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi tiga, yaitu serat dengan susunan lurus, serat dengan susunan miring, dan serat acak [2].

Berdasarkan prinsip kerjanya, maka alat cetak komposit serat pendek ini merupakan alat yang dimana untuk menghasilkan produk memanfaatkan tekanan dari *punch* dan pemanasan yang dilakukan terhadap alat cetak komposit. Pencetakan bahan polimer dilakukan dengan berbagai cara. Berikut ini dikemukakan hal yang penting saja diantaranya (1) Pencetakan dengan tekanan: Salah satu cara yang umum dipakai adalah pencetakan tekan. Bahan yang akan dicetak diletakkan di dalam bagian cekung dari cetakan yang telah dipanaskan dan kemudian di tekan, ini dilakukan dengan mesin pres cetak tekan. Bahan yang dipanaskan dalam cetakan mempunyai kemampuan alir yang cukup untuk mengisi cetakan, kemudian terjadi reaksi pengawetan, pengesetan, dan selanjutnya dikerluarkan dari cetakan setelah lama waktu yang optimal. (2) Pencetakan injeksi: Metode pencetakan ini merupakan proses yang penting bagi resin termoplastik. Kadang-kadang dipakai juga untuk resin termoset. Bahan yang akan di cetak dipanaskan dan mencair plastik dalam silinder, kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan dengan tekanan yang tinggi, dan didinginkan serta diawetkan di dalam cetakan, kemudian cetakan dibuka untuk mengeluarkan benda cetak, (3) Pencetakan ekstruksi: Resin termoplastik yang dipanaskan sampai cair diekstrusi secara kontinu melalui lubang cetakan. Mesin ekstrusi terdiri dari cetakan dan unit penekan. Cetakan memberikan bentuk dan unit penekan mendorong bahan keluar dari lubang cetakan, mendinginkan dan mengontrol bentuk serta dimensi hasil ekstrusi, (4) Pengkalenderan: Resin dibuat lembaran tipis denga menggunakan rol panas menjadi film, lembaran tipis, kulit tiruan, tegel, dan seterusnya. Metode ini dipakai untuk resin polivinil dan umumnya karet, juga untuk resin selulosa, resin metakrilat dan resin ABS, (5) Pengecoran Bahan polimer cair, misalnya resin termoset asal kondensat, monomer resin termoplastik atau polimer persial, resin termoplastik cair panas, dicor ke dalam cetakan dan membeku umumnya pada tekanan biasa, (6) Plastik yang diperkuat Komposit: Plastik yang diperkuat terbuat dari resin dicampur dengan serat atau jaringan serat. Serat tersebut pada umumnya merupakan serat gelas, serat kapas, serat alami atau serat buatan lainnya. Dibuat dengan berbagai proses, namun pada umumnya diklasifikasikan sebagai cetak terbuka dan tertutup [3].



Gambar 1. Metode Wet Lay Up

Proses pembuatan komposit bisa dilakukan dengan beberapa cara yaitu (1) Metode Terbuka (Open Mold Process) yang terdiri: (a) Hand Lay-Up (wet lay up), (b) (b) Spray Lay-Up, (c) Vacuum Bag Moulding, (d) Filament Winding; (2) Metode Tertutup (Closed Mold Process) yang terdiri dari: (a) Resin Film Infusion, (b) Pultrusion [1].

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan ini dilaksanakan selama 8 (delapan) bulan, yaitu Maret s.d Oktober 2019. Kegiatan ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang yaitu di Bengkel Mekanik dan Bengkel Otomotif Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pelaksanaan kegiatan terdiri dari

a. Persiapan alat dan bahan.
   Alat yang digunakan terdiri dari: mesin bubut, las, bor, gerinda, dan mesin potong. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi: serat sabut kelapa, resin poliester, katalis, vaselin, pelat baja, besi segiempat, besi profil L, elektroda las, kompor gas.
b. Pembuatan media cetak komposit.
   Media pencetak yang dibuat terbuat dari besi pelat, besi segiempat, dan profil L.
c. Pengujian.

Pengujian dilakukan terhadap media pencetak yang telah dibuat dengan cara membuat komposit serat sabut kelapa, dengan perbandingan berat antara serat sabut kelapa dengan resin poliester. Setelah itu, kompositnya diobservasi secara visual tentang komposit yangdihasilkan. Pengujian ini dilakukan secara berulang kali hingga mendapatkan komposit yang baik yaitu komposit dengan permukaan rata tanpa lubang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian ini menghasilkan suatu media cetak komposit serat sabut kelapa. Media cetak tersebut terbuat dari besi pelat, besi segiempat, dan besi profil L seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Media cetak tersebut terdiri dari: rangka, pelat dasar, dan penutup sebagaimana ditunjukkan Gambar 3.

Gambar 2. Media Cetak Komposit

Gambar 3. Komponen-Komponen Media Cetak Komposit

Dari berbagai pengujian yang dilakukan dimana serat disusun secara acak dengan berbagai perbandingan serat dengan resin diperoleh perbandingan serat dengan resin yang baik yaitu 150 mg:270 mg atau 36:64 % [4]. Beberapa komposit serat sabut kelapa yang dihasilkan dengan menggunakan alat ini seperti pada Gambar 4.

Massa komposit = 420 mg : SSK = 150 mg, RPE = 270 mg
Gambar 4. Komposit Serat Sabut Kelapa Hasil Media Cetak

Pembuatan komposit dilakukan dengan dua metode yaitu tanpa pemanasan dan dengan pemanasan. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan kompor gas dengan tujuan untuk mencairkan atau menurunkan kekentalan resin sehingga resin mudah mengalir untuk menyebar dan mengisi ruang-ruang kosong sehingga perikatan antara serat dengan resin semakin baik. Akan tetapi komposit yang dihasilkan tidak seperti yang diharapkan. Justru ada beberapa bagian yang seperti terbakar dan meninggalkan rongga terutama bagian komposit yang selurus dengan sumber api kompor gas seperti yang diperlihatkan Gambar 5.

Gambar 5. Komposit Serat Sabut Kelapa Metode Pemanasan

Komposit serat sabut kelapa sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4 dibuat dengan metode tanpa pemanasan. Permukaan komposit tersebut kelihatan rata dan tidak berongga. Hal ini menunjukkan bahwa serat dan materiks terjadi perikatan yang baik. Sedangkan komposit yang diperlihatkan pada Gambar 5 yang dibuat dengan metode pemanasan menunjukkan permukaan yang tidak rata dan berongga. Hal ini terjadi karena temperatur yang diterima tidak merata pada semua permukaan komposit. Kedua komposit tersebut dibuat dengan perbandingan antara serat dengan matriks yaitu 36:64.

Tabel 1. Komposit hasil media cetak

No	Uraian	Hasil	Keterangan
1	Tanpa pemanasan	Baik tanpa rongga	36:64
2	Dengan pemanasan	Berongga, dan hangus	36:64

4. KESIMPULAN

Sebagaimana uraian-uraian sebelumnya maka disimpukan bahwa:

1) Media cetak dapat berfugsi dengan baik.
2) Komposit yang baik dengan perbandingan serat dengan resin yaitu 36/64
3) Metode yang baik digunakan yaitu tanpa pemanasan

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Kondo, Y., Arsyad, M. “Analisis Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali”, Jurnal INTEK. vol. 5, no.2, pp. 94-97, Oktober 2018.

[2] Gibson, R.F. “Principle of Composite Material Mechanics”. New York : Mc Graw Hill,Inc. 1994

[3] Hartanto, L., “Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester BQTN 157”, Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2009

[4] Arsyad, M., Suyuti, M.A., Hidayat, M.F., Pajarrai, A.S.. “Pengaruh Variasi Arah Susunan Serat Sabut Kelapa Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa”, Sinergi. vol 12, no.2, pp.101-113, Oktober 2014

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas penggunaan fasilitas dan bantuan dana atas terlaksananya penelitian ini.

FENOMENA LINGKUNGAN CERPEN DARING KORAN MEDIA INDONESIA DAN SUARA MERDEKA ALTERNATIF PENGAYAAN MATERI AJAR DI SMP KAJIAN EKOKRITIK

Juanda[1], Ramly [2]
[1 2] Dosen Jurusan Bahasa dan Sastra Indonesia, FBS, UNM

ABSTRACT

Short stories in the Indonesian Media and Suara Merdeka newspaper published a weekly edition that has a variety of themes. The purpose of this study is to explore the theme of short stories in the Indonesian Media Newspaper and Suara Merdeka and analyze the environmental phenomena contained in environmental-themed short stories. The research method is a qualitative method with descriptive data exposure. The source of the data in this study is the short stories from January to August 2019 editions. Media Indonesia has 18 short stories and Suara Merdeka has 17 short stories. A total of 35 short stories. Obtaining data is done by downloading short stories on https://lakonhidup.com. Data were analyzed based on the ecocritical approach. The results of the study, namely the theme of short stories dominated by the phenomenon of women. There are three short stories with environmental themes, namely: "Teddy Cat" by Ryan Rahman; "He Goes Home with a Cut Tongue" by Sirojul Khalid; and "Nuri" by Thiyah Rahma. Environmental phenomena contained in the three short stories above, namely: pollution, forest exploitation, natural disasters, and animal. This short story can be used as teaching material in learning short stories in junior high schools.

Keywords: *Short stories, ecocritics, and learning*

I.PENDAHULUAN

Surat kabar di Indonesia umumnya memuat gendre sastra setiap terbitan hari Minggu. Edisi mingguan koran tersebut lebih dominan memuat cerpen. Para pengarang cerpen menyoroti berbagai sudut pandang fenomena kehidupan. Tema-tema cerpen sangat beragam. Berdasarkan hasil penelitian Juanda dan Azis (2018a); Juanda dan Azis (2018b) khusus pada koran Kompas hanya memuat enam cerpen yang bertemakan lingkungan edisi Januari s.d. Oktober 2018, yaitu: "Banjir kiriman" karya Zainul Muttaqin; "Ziarah Kepayang" karya Martin Adelaida; "Durian Ayah" karya Rizki Taruna; "Slerok" karya Fandrik Ahmad; "Kematian Kedua" karya Aslan Abidin; dan "Lelaki yang Menderita bila Dipuji" karya Ahmad tohari. Cerpen-cerpen tersebut sangat tepat dijadikan bahan ajar di SMA. Juanda (2018a) telah meneliti cerpen Koran mingguan khususnya cerpen Koran Tribun Jabar, Republika, dan Banjarmasin Post. Di sini pengarang mengangkat fenomena lingkungan khususnya pada cerpen dalam Koran Banjarmasin Post karya Al Faisal "Cerita Daun Pohon dan Petrichor"; Tribun Jabar karya Parlan " Pergi ke Bukit," dan Republika karya Romli "Di Seine Meratapi Citarum." Penelitian Juanda (2018b) mengenai cerpen bertemakan lingkungan dalam Koran Republika tahun 2015 s.d. 2018 menemukan tujuh cerpen yang bertemakan lingkungan,yaitu cerpen "Langkah yang Gemetar" karya Shabrina; "Derai dan Luruh" karya D. Nilasyah; "Pergi Ke Bukit" karya Tjak S. Parlan; "Langit tanpa Warna" dan "Yang Terpenjara Waktu" Karya Zhizhi Siregar; "Obitarium Origami" karya Risda Nur Widia; "Idah Waluh di Lereng Gunung Agung" Karya I Gede Aryatha Soethama. Artikel mengeksplorasi hubungan antara sejarah lingkungan Lembah Sungai Senegal (Mali, Senegal, Mauritania), Sastra Pulaar (lisan dan tulisan) dan proses migrasi. Sejauh mana sastra berkontribusi seputar "pengungsi" dan kritik sastra? (Bourlet & Marie Lorin, 2018) adalah migrasi telah menghasilkan efek pendulum, mempromosikan keterlibatan dengan ketahanan sastra dan bahasa Pulaar diinvestasikan sebagai kepentingan ekologis.

Selain itu, gendre sastra selain prosa, cerpen seperti film memberikan banyak pendidikan lingkungan misalnya penelitian Juanda (2019) dalam Film avatar tentang aktivitas suku Navi, yaitu menjaga pohon raksasa, memelihara satwa dengan berburu berdasarka aturan yang telah disepakati dan budaya memelihara alam sebagai sumber penghidupan sebaliknya alam dirusak menjadi sumber bencana.

Kemendikbud Permen No. 23 Tahun 2015 tentang program budi pekerti di sekolah, yaitu membaca buku nonpelajaran sekitar 15 menit sebelum jam pelajaran pertama dimulai. Berkenaan dengan kebijakan tersebut, siswa dapat diberikan bahan bacaan berupa karya sastra, cerpen. Tidak hanya bacaan tetapi karya

[1] Korespondensi penulis: Juanda, Telp. 085255007915; juanda@unm.ac.id

sastra dapat digunakan dalam pembelajaran bahasa Indonesia berdasarkan kurikulum yang berlaku (Erlina, A.Rakhmawati, dan B.Setiawan, 2017). Cerpen banyak ditemukan dalam media daring koran mingguan. Cerpen-cerpen ini memiliki berbagai tema, antara lain tema lingkungan. Cerpen yang memiliki nilai pendidikan lingkungan bagi siswa guru dapat mengemasnya dalam sajian materi ajar dan pengayaan materi ajar bahasa Indonesia di SMP.

Pengajaran cerpen di SMP melalui mata pelajaran Bahasa Indonesia diajarkan hanya pada level kelas IX. Buku paket bahasa Indonesia, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia 2018 melalui kurikulum 2013 dalam bab III berisi materi menyusun cerita pendek dengan sub topik mengidentifikasi cerita pendek; menyimpulkan unsur-unsur cerita pendek; menelaah unsur dan aspek kebahasaan cerita pendek; mengungkapkan pengalaman dan gagasan dalam bentuk cerita pendek. Materi pengajaran cerpen ini hanya menampilkan dua cerpen yaitu Pohon Keramat karya Yus R. Ismail dan cerpen Sepatu Butut karya Ely Chandra Peragin-Angin. Hal ini menunjukkan betapa kurangnya materi pengajaran cerpen di SMP/Mts.

Penelitian mengenai cerpen di media telah dilakukan dalam berbagai perspektif antara lain pendidikan karakter tetapi karakter siswa yang berkaitan peduli lingkungan belum diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, perlu diteliti nilai karakter dari perspektif ekokritik cerpen-cerpen di media daring untuk dijadikan materi ajar di SMP. Tujuan penelitian ini, yaitu: 1. Mengeksplorasi tema cerpen dalam koran Media Indonesia dan Suara Merdeka ; 2. Mengeksplorasi jenis pendidikan lingkungan yang ada dalam cerpen koran Media Indonesia dan Suara Merdeka; 3. Menentukan relevansi pengajaran cerpen Media Indonesia dan Suara Merdeka di SMP untuk meningkatkan kesadaran lingkungan kepada siswa.

Awalnya ekoritik diperkenalkan Ruecket dalam sebuah tulisan yang berjudul "An Ecological Poetics" pada Literature and Ecology: an Experiment in Ecocriticism (Ruecket,1978). Selanjutnya lahirnya ekokritik karena pemikiran Buell (1989). Ekokritik dalam kajian sastra merupakan eksplorasi lingkungan dalam karya sastra, lingkungan fisik (Glotfelty and Froom, Eds., 1996: xix). Pemikiran Glotfelty pada ekokritik yaitu hubungan antara manusia dan lingkungan alam atau hubungan *human* dan *nonhuman* dalam dalam karya sastra. Ekokritik menurut Garrard (2004) yaitu kajian fenomena lingkungan dalam karya sastra yang mencakup: pencemaran '*pollution*', hutan belantara '*wilderness,*' bencana alam '*apocalypse,*' pemukiman '*dwelling,*' mahluk hidup'*animals*,' dan bumi '*the earth.*' William Cronon menjelaskan tentang alam. Alam sebagai teori ekokritik secara teoretis melibatkan berbagai bidang ilmu seperti post-strukturalis, psikoanalitik, dan pengaruh materialis historis, substansial karya dalam sebuah konten yang memahami ekologi yang kompleks dan historis. Pemahaman ekologi secara mendalam berkaitan dengan sejarah dan budaya (Miller, 2012).

Ekokritik berkembang di AS dan Inggris, menguraikan ekologi sosial dan ekologi secara mendalam. Kemudian berfokus pada teori-teori kontemporer, ekokritik pasca-kolonial dan gerakan keadilan lingkungan yang memperkenalkan paradigma baru eko-kosmopolitik, dan formulasi posthumanisme ekokritikal. Ekokritik menekankan imbrication dari matriks manusia di bumi, menggambarkan wawasan ekofeminisme, fenomenologi, dan biosemiotik,dan memiliki inkarnasi terbaru. Pada saat ini muncul bidang ekokritik material yaitu keterkaitan manusia dan non-manusia, sosial, dan ilmiah (Marland, 2013). Melalui teori tersebut Estok mengkaji bidang ekokritikal yang diyakinkan sebagai monograf pertama tentang Shakespeare dan ekokritik. Green Shakespeare milik Gabriel Egan memunculkan ekokritik. Estok, pendekatan dari Egan untuk drama telah menghasilkan kajian ekokritik guna mempengaruhi para kritikus yang tidak yakin nilai ekokritik dalam studi Shakespeare (Jones, 2013). Oleh karena itu, Ekokritisisme harus dijalankan sesuai komitmen dan praksis para pejuang lingkungan hidup (Juanda, 2016).

Selama dekade terakhir, ekokritik didefinisikan secara luas, studi hubungan antara bahasa, seni, dan lingkungan fisik. Kajian ekokritik telah mengemuka di Cina, di departemen humaniora, mengarah ke artikel kritis, buku, dan studi khusus. Ekokritik menjadi daya tarik universitas adalah: (i) meningkatnya hibridisasi dan lintas disiplin dalam departemen sastra, media/film, ilmu sosial, sastra, dan filsafat semakin berinteraksi, dan (ii) meningkatnya kecemasan masalah lingkungan yang diperkuat dalam media. Dengan lintas beberapa disiplin ilmu dan platform media, hanya dalam beberapa tahun, ekokritik telah berkembang menjadi pemikiran yang kuat di sekolah. Kritikus sastra telah mengembangkan ekokritik. Sementara akademisi Cina enggan membahas tema sosial dan politik melalui lensa ekokritik. Kita harus memberikan perhatian masalah keadilan lingkungan dan komunitas ekologis (Berman, 2015). Waterfront Plan Vision 2020 (2011) dan New York 2140 Kim Stanley Robinson (2017) berpendapat bahwa kedua teks menunjuk pada agen air, instrumental hubungan dengan lingkungan yang berfokus pada proses apropriasi, distribusi, dan produksi.

Implikasi esai bagi pembaca, kemungkinan mereka berinteraksi terhadap perubahan hubungan mereka dengan air di New York (Ameel, 2019). Selain itu, tulisan membahas pertanyaan-pertanyaan dengan memeriksa dua teks kunci yang membayangkan Kota New York pada masa depan: New York Comprehensive (Adamson, 2010).

Ursula Heise dalam artikel PMLA tahun 2013 bahwa sejauh ini ekokritik terbatas pada dunia Anglophone. Pemikir Prancis seperti Merleau-Ponty, Gorz, Serres dan Latour telah memainkan peran sentral teori ekokritik, dan ahli teori Prancis tentang hewan (terutama Deleuze dan Derrida) bekerja di Cultural Animal Studies. Tetapi bagian dari Perancis novelis dan penyair (selain Rousseau) tentang pemahaman hubungan kita dengan lingkungan alam adalah wilayah yang tidak dikenal bagi kebanyakan ekokritik. Ekokritik muncul di Prancis dengan lambat (dibandingkan Jerman dan Spanyol). Departemen di luar Perancis memainkan peran penting konsep-konsep dan teori-teori budaya dan sastra Prancis yang berpusat pada manusia / hubungan alam (khususnya 'Géocritique' Bertrand Westphal), dan 'Écocritique' muncul sebagai versi Perancis dari ekokritik, yang lebih memusatkan perhatian pada representasi ruang dan tempat, bentuk, dengan konten ekopolitik (Goodbody, 2019).

Bagian akhir novel Ana Castillo, *So Far From God*, petani dan komunitas pemeliharaan domba di New Mexico utara merayakan Prosesi Salib. Ibu yang berduka kehilangan anak-anak mereka - karena racun dalam air, udara, dan tanah atau karena perang - gambar menggantung di leher dari orang yang mereka cintai. Di setiap stasiun semua orang dan anggota kelompok berbicara tentang lingkungan Castillo, 1993: 241–2). Tiga wanita Navajo berbicara tentang kontaminasi uranium pada bayi yang mengalami kerusakan otak dan kanker.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah metode kualitatif dengan pemaparan data secara deskriptif. Sumber data dalam penelitian ini adalah cerpen cerpen Koran Media Indonesia dan suara Merdeka edisi Januari s.d. Agustus 2019. Cerpen Media Indonesia sebanyak 18 dan cerpen suara Merdeka sebanyak 17. Total cerpen sebanyak 35 cerpen. Pemerolehan data dilakukan dengan cara pengunduhan cerpen melalui web https://lakonhidup.com. Setelah itu dipilih cerpen dalam Koran Media Indonesia dan Suara Merdeka. Cerpen yang telah ditemukan diunduh satu per satu. Peneliti melalukan pembacaan secara survey, pembacaan terfokus untuk menemukan tema dan fenomea lingkungan cerpen dan pembacaan ferivikasi terhadap cerpen yang memenuhi ktriteria ekokritik. Data yang ditemukan dianalisis berdasarkan pendekatan Garrard (2004), yaitu fenomena lingkungan: pencemaran, hutan, pemukiman, mahluk hidup, dan bumi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tema dalam cerpen Koran Media Indonesia: Usia Senja, Lingkungan (eksploitasi Hutan dan alih fungsi lahan), Gagal Panen, Sengketa Lahan,Pemecatan,Tuna susila, Kemiskinan, Perjudian, fenomena perempuan. Tema cerpen suara Merdeka: lingkungan, perempuan, politik, kemiskinan, asusila, social, criminal, keluarga, pendidikan, poligami, penggusuran, perempuan, pemerasan, mistik, kematian. Tema cerpen dalam kedua Koran ini didominasi fenomena perempuan. Hal ini sejalan penelitian Juanda (2016); Juanda dan Azis (2018); Juanda (2018); dan Juanda (2019) mengenai cerpen yang bertemakan lingkungan pada media edisi mingguan. Bahkan tema cerpen telah masuk pada rana ekopolitik (Goodbody, 2019) begitu pula dengan Castillo (1993) yang mengeksplorasi fenomena lingkungan dalam novel. Selanjutnya tema cerpen dapat dilihat dalam tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Tabel 1. Cerpen Edisi mingguan Media Indonesia 2019

No.	Edisi 2019	Cerpen	Pengarang	Tema
1.	6 Januari	Kepada Siapakah Dia Akan Menyusu	Caroline Wong	Usia Senja
2.	13 Januari	Dia Pulang dengan Lidah Terpotong	Sirojul Khafid	Lingkungan
3.	20 Januari	Toko Bunga Bahagia	Erwin Setia	Pemecatan
4.	27 Januari	Nuri	Thiyah Rahmah	Lingkungan
5.	10 Februari	Marni dan Marcelia	Pasini	Tuna susila
6.	3 Maret	Benda Gaib	Asqo L Fatir	Sengketa lahan
7.	10 Maret	Buron	Adam Tudisthira	Kemiskinan
8.	17 Maret	Narayya dari Moor	Ade Ubaidil	Perjudian
9.	29 Maret	Menggugat Dewi Sri	Dadang Ari Murtona	Gagal Panen
10.	14 April	Seekor Kucingdalam Pashomon	Bagas Dwi Harmanto	Perempuan
11.	21 April	Keriap	Mashdar Zainal	Perempuan

12.	5 Mei	Aru-Aru	Roby Satria	Kemiskinan
13.	2 Juni	Perempuan yang Hendak Mengatakan Cinta	Tikom Tarra	Perempuan
14.	23 Juni	Kupu-Kupu tidak Menyakitimu	Marliana Kuswanti	Perempuan
15.	7 Juli	Kartini dan Seekor sapi	Nilla A. Asruddin	Perempuan
16.	21 juli	Fragmen Ketika Galunggung Menangis	El Cavega Tarasu	Perempuan
17.	4 Agustus	Dungu	Ihsan Hasbi	Perempuan
18.	24 Agustus	Perempuan Misterius dan Lelaki yang Kehilangan dirinya	Jantan Putra Bangsa	Perempuan

Tabel 2 Cerpen Edisi mingguan Suara Merdeka 2019

No.	Edisi 2019	Cerpen	Pengarang	Tema
1.	6 Januari	Boneka Kucing	Ryan Rahman	Lingkungan
2.	20 Januari	Wanita yang Kembali Mati pada pagi Hari	Anas S.Malo	Perempuan
3.	3 Februari	Membela Tuan Presiden	Nilla A.Asruddin	Politik
4.	17 Maret	Sebuah Cara Jitu Menghapus Kelaparan dan Kemiskinan	Nilla A.Asruddin	Kemiskinan
5.	24 Maret	Antara Laura	Nugroho Suksmanto	Asusila
6.	31 Maret	Kematian Raja Pelit	Ken Hanggara	Social
7.	5 Mei	Pedang Hijau dati Laut	Kiki Sulistyo	Kriminal
8.	12 Mei	Ziarah Laut Selatan	Risda Nur Widia	Keluarga
9.	26 Mei	Jalan ini dan Jalan Jslanitu Sepanjang Puntura	Ahmad Abu Rifai	Pendidikan
10.	2 Juni	Lodeh Kemang Turi Bulik	Kusfitria Marstyasih	Poligami
11.	9 Juni	Sendiri pada Hari fitri	Gandi sugandi	Penggusuran
12.	16 Juni	Legong Bulan	Ganda Pekasih	Perempuan
13.	26 Juni	Makam Nyai Malinda	Setia Naka Andrian	Perempuan
14.	7 Juli	Pak tua dan Dongeng Masa Lalunya	Rio Dwi Cahyono	Perempuan
15.	14 Juli	Pemakaman Baru	Chandra Buana	Pemerasan
16.	21 Juli	Ular yang Menggigit Ibu	Khairul Umam	Mistik
17.	28 Juli	Tentang Belly	Ken Hanggara	Kematian

Fenomena Lingkungan dan Cerpen Suara Merdeka dan Media Indonesia

Kedua koran ini memuat tiga cerpen yang bertemakan lingkungan dalam periode penerbitan Januari s.d Agustus 2019. Koran nasional kurang memuat cerpen bertemakan lingkungan (Juanda dan Azis, 2018); Juanda (2018). Cerpen tema lingkungan dapat dilihat dalam table 3 dan 4 di bawah ini.

Tabel 3. Cerpen Online Koran Suara merdeka Tema Lingkungan

Nama Koran	Judul	Pengarang	Tema lingkungan
6 Januari	Boneka kucing	Ryan Rachman	Hujan menyebabkan bencana longsor

Tabel 4. Cerpen Online Koran Media Indonesia Tema Lingkungan

Nama Koran	Judul	Pengarang	Tema lingkungan
13 Januari	Dia Pulang dengan Lidah Terpotong	Sirojul Khafid	Pembalakan Hutan/illegal loging
27 Januari	Nuri	Thiyah Rahmah	Alihfungsi lahan

Ada tiga cerpen yang yang bertemakan lingkungan, yaitu: "Boneka Kucing" karya Ryan Rahman; "Dia Pulang dengan Lidah Terpotong" karya Sirojul Khalid; dan Nuri karya Thiyah Rahma.

"Boneka Kucing" karya Rakhman menceritakan kuli bangunan yang bernama Paino berkerja di proyek bangunan apartemen di perkotaan dan pulang ke kampung halamannya seminggu sekali bertemu keluarganya di lereng perbukitan. Pada suatu malam pulang ke kampung halamannya dia menemui lereng perbukitan tempat tinggalnya terkena longsor. Ribuan kubik batu dan material tanah menimbun permukiman penduduk.

"Dia Pulang dengan Lidah Terpotong" karya Sirojul Khalid menceritakan pembalakan hutan yang terjadi dengan disponsori oleh ketua desa. Siapa pun yang masuk ke dalam hutan itu akan babak belur oleh para pengawal perusahaan yang mengangkut gelondongan kayu. Pengarang mengemas ceritanya dengan memadukan tahayul, mistik yang terdapat dalam hutan hingga larangan masuk hutan karena hutan tersebut memiliki penjaga yang angker. Hal merupakan siasat ketua desa agar penduduk tidak masuk di area hutan sehingga ketua desa dan komplotannya leluasa mengeksploitasi hutan.

Cerpen Nuri menceritakan tokoh Niralaba yang hidup dengan penuh kemiskinan karena lahan karet mereka tidak produktif lagi akibat di sekeliling kebun karet ditamanami kelapa sawit. Akhirnya Niralaba melepas tanahnya untuk dialihfungsuikan dengan menjadi kebun kelapa sawit.

Fenomena lingkungan yang terdapat dalam ketiga cerpen di atas, yaitu pencemaran, eksploitasi hutan, bencana alam, dan kepunahan mahluk hidup. Hanya sebagian dari enam konsep Garrard (2004) Secara rinci dapat dilihat dalam uraian di bawah ini.

Pencemaran '*pollution*',

Pencemaran lingkungan berupa pencemaran air terdapat dalam cerpen Dia Pulang dengan Lidah Terpotong karya Sirojul Khalid; dan Nuri karya Thiyah Rahma. Pencemaran di sini berupa pencemaran air yaitu dengan banyaknya kotoran manusia di sungai dan air sungai menjadi keruh, tidak layak konsumsi karena rendaman karet yang membusuk. Hal ini sejalan dengan fenomena air yang disoroti peneliti Adamson (2010) dan Amell (2019) di Kota New York. Polusi air dideskripsikan pada kutipan di bawah ini.

(1) Nak, tidak mandi. Anaknya enggan turun ke batang karena jijik melihat kotoran dari jamban mengambang, atau mencium getah karet yang direndam. Kai Djamal akhirnya membuat titian sebagai tempat mencuci piring dan membilas baju (Rahma, 2019)

(2) Ia masuk kian dalam ke Hutan Terlarang dan menemukan sungai yang sangat jernih. Tampak beragam ikan di dalamnya. Lamtiur buang air besar di sungai itu (Khafid, 2019).

Hutan Belantara '*wilderness,*'

Fenomena hutan terutama pada penebangan pohon untuk pengalihan lahan dari kebun karet menjadi kebun kelapa sawit dan pembalakan hutan untuk keperluaan kayu gelondongan untuk keperluan industri dapat dilihat pada cerpen "Dia Pulang dengan Lidah Terpotong karya Sirojul Khalid; dan Nuri karya Thiyah Rahma. Pada cerpen "Dia Pulang dengan Lidah Terpotong" karya Sirojul Khalid pengarang bercerita masalah ekologi, hutan dengan mengaitkan budaya nenek moyang. Hal ini sejalan dengan penelitian Miller (2012); Bourlet dan Marie Lorin (2018) yang mengaitkan masalah budaya dalam ekologi. Selain itu, cerpen Khalid menunjukkan ketidakadilan lingkungan dan komunitas ekologis (Berman, 2015) yaitu Tokoh Patrik dan Lamtiur mengalami penyiksan dan lidahnya dipotong karena memasuki area hutan yang dieksploitasi oleh ketua desa. Kutipan yang berkaitan dengan fenomena hutan dideskripsikan di bawah ini.

(3)Setelah itu batang mereka tenggelam. Jukung ditelan pasang. Tidak ada lagi kendaraan di air. Tidak ada ladang diurus. Semua sudah ia jual untuk perkebunan sawit. (Rahma, 2019)

(4)Jangan masuk Hutan Terlarang. Siapa pun yang masuk, keluar dengan tubuh babak-belur, cakaran, dan lidah terpotong. Ada Arwah Jahat. Dahulu, Arwah Jahat menyerang desa, untung kepala desa menangkap dan menguncinya di hutan (Khafid, 2019).

(5)Lamtiur menengok, dilihatnya deretan truk disesaki batang-batang pohon. Di setiap truk terlihat gambar lingkaran merah berjumlah tiga, serupa dengan yang ada di baju tiga pria (Khafid, 2019).

(6)Pandangan Lamtiur yang terasa lapang lalu beralih ke kejauhan, tempat sejumlah orang tampak sedang menebang pohon-pohon dengan gergaji mesin. Di sekitarnya, nyaris tidak ada lagi pohon. Amplop lingkaran merah . Sebentar… Amplop? Ia memicingkan mata. Bukan apa-apa, ia tak asing dengan cap di amplop itu. Lingkaran merah berjumlah tiga (Khafid, 2019).

Bencana Alam '*apocalypse,*'

Fenomena bencana alam terdapat dalam cerpen Boneka Kucing karya Ryan Rahman. Bencana alam berupa longsor pada lereng perbukitan yang dihuni oleh penduduk. Lonsor terjadi karena hujan yang sangat deras. Sementara lereng pengunungan yang seharusnya dipenuhi pepohonan sebagai resapan air telah menjadi perkebunan penduduk. Hal ini perlunya menjaga lingkungan sekitar dengan mematuhi straktat pejuang lingkungan (Juanda, 2016). Keterkaitan manusia dan nonmanusia (Ruecket, 1978); Buell (1989); Glotfelty & Fromm (1996); dan Marland (2013).

(7)Tiba-tiba, kurang-lebih dua kilometer menjelang permukiman, para penumpang mendengar suara gemuruh keras. "Longsor! Longsor!" teriak mereka menunjuk ke sisi bukit yang longsor. Beratus-ratus kubik tanah bercampur batu runtuh dan mengubur mobil (Rakhman, 2019).

Mahluk Hidup'*animals,*'

berbagai jenis satwa masuk ke perkampungan akibat hutan dieksploitasi. Binatang seperti tupai, monyet dan yang lainnya rusak ekosistemnya. Bahkan Pengarang Rahma yang menyimbolkan Nuri sebagai nama orang dapat dinterpretasikan sebagai kepunahan sejenis satwa. Contoh kutipan di bawah ini.

(8)Nini Laba terdiam. Ia ingat anaknya sangat lama pulang. Kenapa perahunya tidak lagi tertambat di rumah. "Nuri akan pulang." Ia meyakini itu. (Rahma, 2019)

(9)"Kau tahu? Aku selalu membayangkan bisa bermain dan berlarian di hutan. Makan buah-buahan, memanjat pohon, melempari monyet, atau hanya sekadar tidur di samping sungai," kata Lamtiur kepada tupai yang sedang mampir di rumahnya. Tupai hanya diam (Khafid, 2019).

(10) Lamtiur makin masuk dan menemukan banyak pohon yang sedang berbuah. Dia memetik dan memakan segala buah yang dia temukan. Tentunya tanpa meminta izin dari Arwah Jahat. Memang dia sengaja agar Arwah Jahat keluar menemuinya (Khafid, 2019).

Cerpen sebagai Materi Ajar SMP

Ada tiga cerpen yang yang bertemakan lingkungan, yang dapat dijadikan sebagai materi ajar dalam pembelajaran cerpen di sekolah Menengah Pertama, yaitu: "Boneka Kucing" karya Ryan Rahman; "Dia Pulang dengan Lidah Terpotong" karya Sirojul Khalid; dan Nuri karya Thiyah Rahma. Ketiga cerpen ini dapat dijadikan meteri ajar di SMP pada mata pelajaran Bahasa Indonesia Kelas IX semester I dengan materi pokok unsur Pembangun Cerpen. Materi pokok ini berdasarkan Kompetensi Dasar 3.5 Mengdentifikasi unsur pembangun karya sastra dalam teks cerita pendek yang dibaca atau didengar. Serta Kompetensi Dasar 4.5.

Menyimpulkan unsur pembangun karya sastra dengan bukti yang mendukung dari cerita pendek yang dibaca atau di dengar. Kemendikbud Permen No. 23 Tahun 2015 tentang program budi pekerti di sekolah, yaitu membaca buku nonpelajaran sekitar 15 menit sebelum jam pelajaran pertama dimulai. Jadi, siswa dapat diberikan bahan bacaan cerpen (Erlina, A.Rakhmawati, dan B.Setiawan, 2017).

4. KESIMPULAN

Tema dalam cerpen Koran Media Indonesia: Usia Senja, Lingkungan (eksploitasi Hutan dan alih fungsi lahan), Gagal Panen, Sengketa Lahan,Pemecatan,Tuna susila, Kemiskinan, Perjudian, fenomena perempuan. Tema cerpen suara Merdeka: lingkungan, perempuan, politik, kemiskinan, asusila, sosial, criminal, keluarga, pendidikan, poligami, penggusuran, perempuan, pemerasan, mistik, kematian. Ada tiga cerpen yang yang bertemakan lingkungan, yaitu: "Boneka Kucing" karya Ryan Rahman; "Dia Pulang dengan Lidah Terpotong" karya Sirojul Khalid; dan Nuri karya Thiyah Rahma. Fenomena lingkungan yang terdapat dalam ketiga cerpen di atas, yaitu pencemaran, eksploitasi hutan, bencana alam, dan kepunahan mahluk hidup. Ada tiga cerpen yang yang bertemakan lingkungan, yang dapat dijadikan sebagai materi ajar dalam pembelajaran cerpen di sekolah Menengah Pertama.

5. DAFTAR PUSTAKA

Adamson, Joni.(2010). Literature-and-Environment Studies and the Influence of the Environmental Justice Movement, Paul Lauter, ed. *A Companion to American Literature and Culture*. ISBN: 978-0-631-20892-1

Ameel, Lieven. (2019): Agency at/of the waterfront in New York City: *Vision 2020* and *New York 2140*, *Journal Textual Practice*, DOI: 10.1080/0950236X.2019.1581250

Berman, Douglas Scott .(2015).Chinese Ecocriticism: A Survey of the Landscape. *Literature Compass*, 12(8), 396–403, 10.1111/lic3.12249

Bourlet, Mélanie & Marie Lorin (2018) An environmental history of literary resilience: "Environmental refugees" in the Senegal River Valley, *Journal of Postcolonial Writing*, 54:6, 821-834, DOI: 10.1080/17449855.2018.1555210

Buell, Lawrence. (1989). "American Pastoral Ideology Reappraised." *American Literary History* I : I (Spring): 1-29.

Castillo, Ana. (1993). *So Far From God*. New York: W.W. Norton and Company.

Erlina, Y., Rakhmawati, A., & Setiawan, B. (2017). Kajian psikologi sastra, nilai pendidikan, dan relevansinya sebagai materi ajar sastra di SMA pada novel Ayah Menyayangi Tanpa Akhir karya Kirana Kejora. *BASASTRA*, *4*(1), 203-216.

Garrard, Greg. (2004). *Ecocriticism. New York: Routledge.*

Glotfelty, Cheryll and Harold Fromm (Eds).(1996).*The Ecocriticism Reader: Landmarks in Literary Ecology.* Athens and London: University of Georgia.

Goodbody, Axel .(2019): French ecocriticism: from the early modern period to the twenty-first century, *Green Letters*, DOI: 10.1080/14688417.2019.1586148

Juanda. 2016. Pendidikan Lingkungan Peserta Didik Melalui Sastra Anak Berbasis Lokal. *Proceeding, International Conference On Literature* (91-110). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Juanda, J. J. (2018). Eksplorasi Nilai Pendidikan Lingkungan Cerpen Daring Republika: Kajian Ekokritik. *Jurnal Sosial Humaniora*, *11*(2), 67-81.

Juanda, J. & Azis, A. (2018, December). Pendidikan Lingkungan Siswa SMA dalam Cerpen Koran Kompas: Pendekatan Ekokritik. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNP2M PNUP)*, 248-352.

Juanda, J. dan Azis A. (2018). Materi Ajar Cerpen di SMA dengan Tema lingkungan Berdasarkan Kurikulum 2013. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar "Diseminasi Hasil Penelitian melalui Optimalisasi Sinta dan Hak Kekayaan Intelektual," edisi 6.*

Juanda, J. (2018). Fenomena Eksploitasi Lingkungandalam Cerpen Koran Minggu Indonesia Pendekatan Ekokritik. *AKSIS: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, *2*(2), 165-189.

Juanda. (2019). Ekokritik Film Avatar Karya James Cameron Sarana Pendidikan Lingkungan Siswa. *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia, JPBSI* 8(1), 1-9.

Jones, Gwilym. (2013). Ecocriticism and Shakespeare: reading ecophobia, Green Letters: Studies in *Ecocriticism*, 17(1), 86-87, DOI: 10.1080/14688417.2012.753330

Kemendikbud. 2014. *Bahasa Indonesia Wahana Pengetahuan*. Jakarta: Kemendikbud.

Marland, Pippa. (2013).Ecocriticism. *Literature Compass* 10(11), (2013): 846–868, 10.1111/lic3.12105

Miller, John. (2012). Postcolonial Ecocriticism and Victorian Studies. *Literature Compass,* 9(7) 476–488, 10.1111/j.1741-4113.2012.00891.x

Permendikbud. 2013. *Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI.

Rueckert, William. (1978). "Literature and Ecology: An Experiment in Ecocriticism." *Iowa Review* 9.1 (Winter): 71-86.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan FBS UNM dan ketua Lembaga Penelitian dan rektor Universitas Negeri Makassar yang telah mendanai penelitian ini dalam bentuk PNBP tahun anggaran 2019. Terima kasih kepada reviewer yang telah meloloskan hasil penelitian ini untuk diseminarkan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

RANCANG BANGUN MESIN PECACAH RUMPUT UNTUK KOMPOS DENGAN 2 SALURAN MASUK, 1 SALURAN KELUAR, DAN PISAU PENGARAH

Mukhlis A.Hamarung[1)], Jasman[2)] , Harits Akmal[3)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Akademi Teknik Soroako*
[2)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Akademi Teknik Soroako*
[3)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Akademi Teknik Soroako*

ABSTRACT

One factor influences composting process is size of the material. The smaller the size is, the easier the decompose is. Average length of the chopping knife ranges from 5 to 15cm and is installed permanently to the shaft which making it unable to be sharpened. Therefore, the size of the chopping must be smaller into ≤5cm and the blade must temporarily be installed to make decomposting faster and the blade able to be sharpened. Drawing design is by using Auto cad. Dimension of the machine is 1020cm x 900cm x 1100cm consists of two inlets and pointing blade functioned as outlet leading the chopping counts out. Machine was built with conventional machines with main components chassis, drive motors, transmission systems with pulleys and belts, HSS material cutting systems fastened with bolts and engine covers. Final chopping is 0.22m³ per hour with length of 0.6cm to 2cm.

Keywords*: Composting, machine, blades, sharpened, cutting, connecting*

1. PENDAHULUAN

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik alami yang banyak dikenal oleh petani yang berasal dari bahan-bahan organik (sampah organik) yang telah mengalami proses pelapukan karena adanya interaksi antar mikroorganisme (bakteri pembusuk) yang bekerja di dalamnya. Bahan-bahan organik tersebut seperti dedaunan, rumput, jerami, sisa-sisa ranting dan dahan, kotoran hewan, serta rontokan bunga. Kebutuhan produk-produk pertanian dengan label organik semakin meningkat dan mahalnya pupuk anorganik (pupuk kimia) yang menjadi motivasi bagi masyarakat petani untuk dapat menyiapkan atau meyediakan pupuk kompos dengan memanfaatkan sampah-sampah organik rumah tangga, sampah pertanian atau peternakan untuk diolah menjadi pupuk organik. Adapun kendala-kendala yang dihadapi dalam pengolahan pupuk kompos di masyarakat adalah masih kurangnya wawasan masyarakat terhadap pengolahan bahan-bahan organik (sampah organik) manjadi pupuk kompos, pengolahan bahan pupuk kompos yang bersifat tradisional (manual) mengakibatkan tingkat produktifitas masih rendah karena waktu pembuatan yang relatif lama, ketersediaan fasilitas mesin dan sarana pengolah masih kurang, masyarakat lebih senang membuang sampah organik karena lebih praktis, dibandingkan dengan mengolahnya menjadi pupuk kompos tanpa memperhatikan dampak yang dapat ditimbulkan.

Gambar 1. Jerami padi dan sampah rumput hasil pembabatan di wilayah soroako.

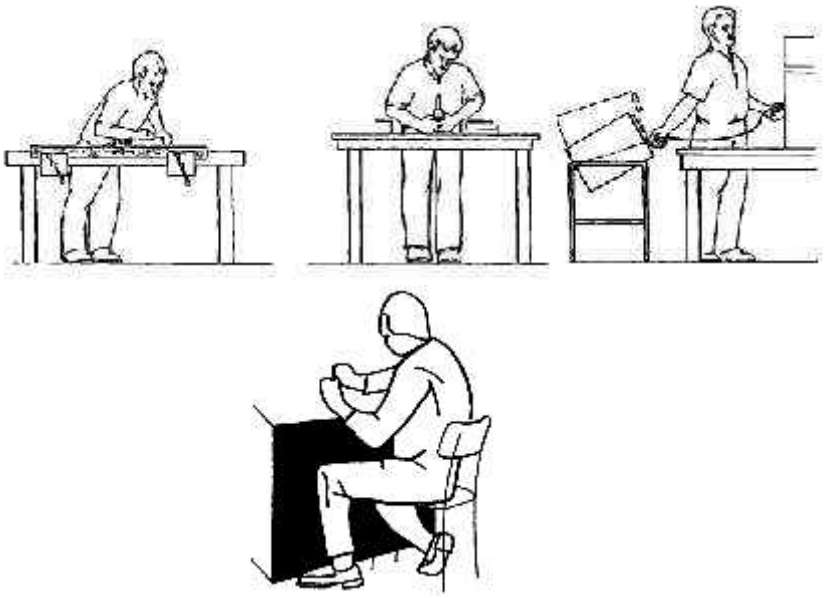
Jerami padi dan sampah hasil dari pembersihan lapangan/lingkungan yang secara berkala di wilayah Sorowako seperti pada gambar 1 belum dimaksimalkan untuk dijadikan kompos, mesin yang tersedia

[1] Korespondensi penulis: Mukhlis A.Hamarung, Telp 081226101300, mukhlis@ats-sorwako.ac.id

mengalami kendala perbaikan pada bagian pencacah karena pisau pencacah dipasang permanen dengan porosnya, sehingga kesulitan saat mengasah/menajamkam pisau pencacah yang tumpul, dan hasil cacahan masih relatif panjang.

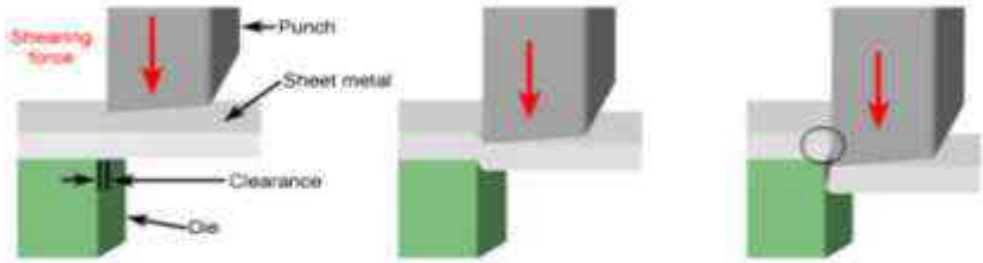
Pengkomposan merupakan suatu teknik pengolahan limbah padat yang mengandung bahan organik biodegradable (dapat diuraikan mikroorganisme). Pengkomposan alami akan memakan waktu yang relatif lama, yaitu sekitar 2-3 bulan, bahkan 6-12 bulan. Pengkomposan dapat berlangsung dengan fermentasi yang lebih cepat dengan bantuan mikro organisme [1]. Salah satu faktor yang juga mempengaruhi proses pengomposan selain perbandingan atau rasio C:N, kadar air atau kelembaban bahan pada saat pengomposan, konsentrasi oksigen pada tumpukan bahan selama proses pengomposan adalah ukuran bahan. Semakin kecil potongannya. akan lebih cepat proses pengomposannya karena semakin luas tersentuh bakteri pengurai [2].

Beberapa aspek yang perlu mendapatkan perhatian saat merancang suatu mesin diantaranya adalah ketersediaan bahan/material, proses pembuatan, pengoperasian mesin, perawatan mesin yang membutuhkan sedikit perawatan, keselamatan kerja, dan biaya. Untuk mengurangi kelelahan operator saat menjalankan mesin dan meningkatkan prestasi kerja posisi operator yang strategis dan letak tombol, tuas mesin, dan tempat duduk yang nyaman dengan sandaran punggung perlu diperhatikan [3]. Dari aspek keselamatan kerja yang perlu diperhatikan saat merancang mesin adalah faktor ergonomi suatu mesin, yaitu penyesuaian posisi operator saat menjalankan mesin dengan tinggi mesin, untuk menghindari timbulnya penyakit akibat kerja sperti ditunjukkan pada gambar 2, sehingga mesin tersebut dirancang sesuai dengan posisi operator yang akan mengoperasikan mesin [4].



Gambar. 2 Ketinggian tempat kerja yang di disaign berdasarkan posisi operator

Proses pemotongan/pengguntingan terjadi bila bahan alat potong (pisau potong) lebih keras dari bahan yang dipotong, alat potong memiliki sudut potong, dan terjadi gerakan antara alat potong dan bahan yang dipotong yang saling bersentuhan seperti ditunjukkan pada gambar 3 [5].



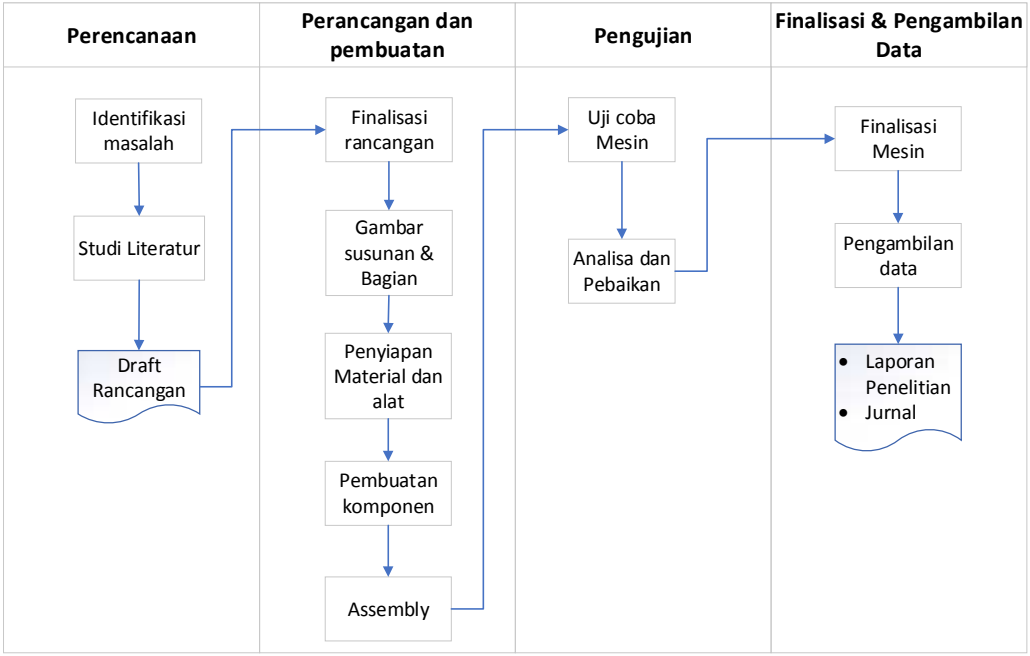
Gambar. 3 Prinsip proses pemotongan mesin konvensional.

Pada sistim transmisi, jarak yang jauh antara doa poros tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi sehingga menggunakan transmisi sabuk. Kelemahan dari transmisi sabuk V tidak dapat meneruskan putaran dengan sambungan yang tepat, karena terjadinya slip antara sabuk dan puli. Transmisi sabuk V hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama, dan bekerja lebih halus dan tak bersuara jika dibandinkan dengan transmisi roda gigi atau rantai dengan jarak sumbu poros harus sebesar 1,5 s/d 2 kali diameter puli besar [6]. Pada pembuatan mesin pencacah pakan ternak dengan sistim pemotongan samping dari satu sisi menggunakan bahan besi siku, plat besi, besi strip, klem, besi pipa, as poros, pulley, belt, roda, bantalan, baut, mur, kawat las, mata gerinda, cat, tinner, motor listrik dan rumput gajah. Alat-alat yang digunakan adalah peralatan bengkel dan alat-alat ukur berupa tachometer, soundlevel meter, dan timbangan seperti ditunjukkan pada gambar 4 dengan pisau pencacah yang terikat lengsung dengan poros [7].

Gambar 4. Mesin pencacah rumput gajah untuk pakan ternak

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Akademi Teknik Soroako dengan lima tahapan utama yaitu: perencanaan, perancangan dan pembuatan, pengujian, finalisasi dan pengambilan data. Tahapan pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada gambar 5 diagram alir penelitian.

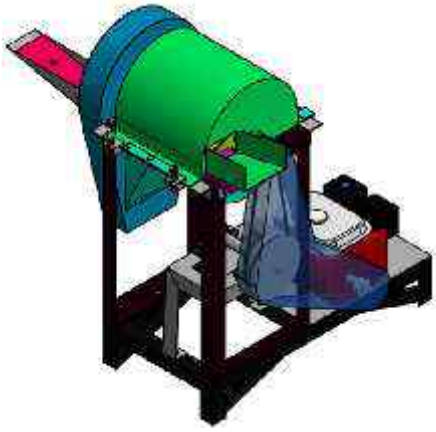


Gambar 5. Diagram alir proses rancang bangun mesin

Bahan dan alat/mesin yang digunakan dalam kegiatan ini adalah besi siku 50x50x3, pisau planner, plalet mild steel, round bar, bearing, puly, V belt, baut, mur, electrode, mesin konvensional yang terdiri dari mesin potong, las, bubut gerinda, rol, bending, shearing, frais, dan mesin penggerak berupa motor bakar. Pertimbangan utama yang dilakukan dalam pemilihan alternative rancangan adalah ketersediaan material, proses manufaktur dengan menggunakan mesin konvensional, perakitan yang tidak rumit, pengoperasian, perawatan, biaya dan waktu.

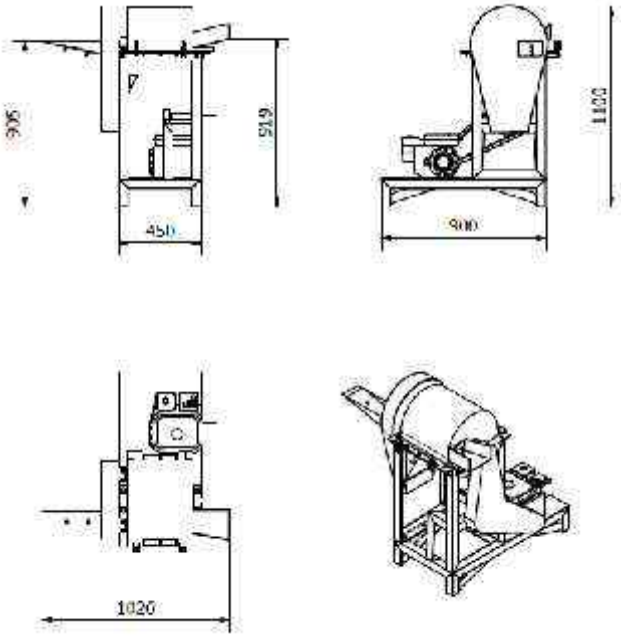
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam konsep rancangan dengan beberapa pertimbangan di atas, ditetapkan rancangan mesin pencacah rumput untuk kompos dengan dua saluran masuk dan satu saluran keluar dengan hasil rancangan seperti ditunjukkan pada gambar 6. Komponen utama mesin adalah motor penggerak menggunakan motor bakar, rangka menggunakan besi siku dengan sambungan sistim baut, transmisi menggunakan puli dan V-belt, pisau pencacah mengunakan material *high speed steel* dengan sambungan baut untuk mempermudah dalam proses pengasahan, landasan potong untuk mengatur panjang hasil cacahan, dan *cover* dan *safety guard*.



Gambar 6. Rancangan mesin pencacah dengan dua saluran masuk

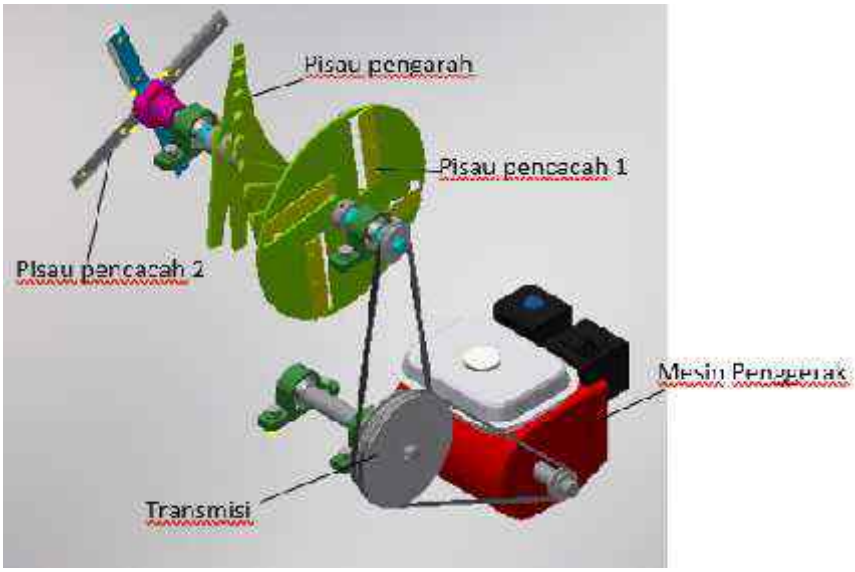
Proses pembuatan mesin dilakukan berdasarkan gambar Teknik yang telah dirancang melalui software autocad. Gambar teknik mesin pencacah dengan dua saluran masuk dan satu seluran keluar ditunjukkan pada gambar 7, dan pada gambar 8 memperlihatkan mesin yang telah dibangun beserta komponen-kompponennya.



Gambar 7. Gambar teknik mesin pencacah rumput dengan dua saluran masuk dan satu saluran keluar

Gambar 8. Mesin pencacah rumput dengan dua saluran masuk dan satu saluran keluar

Prinsip kerja dari hasil rancang bangun mesin pencacah rumput dengan dua saluran masuk dan satu saluran keluar adalah putaran motor penggerak diteruskan melalui transmisi puli dan V-Belt dengan menurunkan putaran hingga ke poros pemotongan dengan rasio 3 : 1. Putaran poros pemotong akan memutar pisau pencacah, kemudian rumput dimasukkan melalui saluran masuk dari dua sisi, yaitu sisi pisau pencacah 1 dan pencacah 2. Pada pisau pencacah 1 hasil pemotongan diarahkan oleh pisau pengarah ke saluran keluar, sedangkan pada pencacahan pada pisau pencacah 2 hasil pemotongan langsung ke saluran keluar.



Gambar 9. Prinsip kerja mesin pencacah rumput dengan dua saluran masuk satu saluran keluar

Dari hasil pengujian mesin diperoleh hasil cacahan yang lebih kecil dengan volume cacahan 0,22 m^3 per jam dan panjang cacahan 0,6 s/d 2 cm. Dengan ukuran bahan 0,6 s/d 2 cm, proses pengomposan akan cepat karena semakin luas tersentuh bakteri pengurai.

4. KESIMPULAN

1) Dengan bahan alat potong menggunakan *high speed steel* (HSS) dan pengikatan menggunakan sambungan baut, pisau potong lebih tahan dan memberikan kemudahan pada saat mengasah.
2) Penambahan landasan potong pada system pencacahan, hasil cacahan yang diperoleh 0,2 s/d 2 cm yang akan mempercepat terjadinya pengomposan karena kontak dengan komposter lebih luas.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Subandriyo, D.D. Anggoro, Hadiyanto, "Optimasi Pengomposan Sampah Organik Rumah Tangga Menggunakan Kombinasi Aktivator Em4 Dan Mol Terhadap Rasio C/N," Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol. 10, 70-75, 2012.

[2] P. Lumbanraja, "Prisnsip Dasar Proses Pengomposan," Paper dan Presentasi Bioteknologi Tanah, Pupuk Hayati dan Aplikasinya, 2014

[3] G.Niemann, B.Anton, P.Bambang, "Elemen Mesin," Jilid 1, edisi kedua, Jakarta: Erlangga, 1982.

[4] E.S. Joseph, R.M. Cahrles, "Standard Hand Book Of Machine Design," 2nd edition, New York: MCGraw Hill, 1996.

[5] A.G. Dayanand, B. Charudatta, S.Y. Priyanka, "Use of Shearing Operation for MS Bar Cutting by Pneumatic Bar Cutting Machine," IARJSET, Vol. 4, Special Issue 1, January 2017

[6] Sularso, S.Kiyokatsu, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin," cetakan keseblas, Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2004.

[7] Andasuryani, Santosa, A. R. Chandra, "Membangun Mesin Pencacah Rumput Gajah Untuk Peningkatan Efektivitas Konsumsi Pakan Ternak Sapi," Artikel Ilmiah Pelaksanaan Program Pengabdian Program Vucer. 2009

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementrian Riset, teknologi dan Pendidikan Tinggi berdasarkan SK No.395/M/KPT.KP/2018 atas pendanaan yang telah diberikan.

KAJIAN ALAT DAN MESIN DALAM PERENCANAAN INDUSTRI GULA SEMUT LONTAR SKALA RUMAH TANGGA DI PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Fahrizal[1)], Jasman[2)], Yeheskial Nggandung[3)]
[1)]*Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Nusa Cendana, Kupang*
[2)]*Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Nusa Cendana, Kupang*
[3)]*Program Studi Pendidikan Ekonomi, FKIP, Universitas Nusa Cendana, Kupang*

ABSTRACT

Tools and machines are component of sugar production system. Its function to facilitate the production process in order to performed effectively, efficiently, and generate high quality products. Limited resources of tools and machines is inhibiting factor of production activities. This study aims to examine the using of tools and machines in the planning of the palm crystal sugar industry. Methods of data collection were literature reviews, benchmarking, and dept interview. Observations are performed in 4 stages of processing, namely filtering, cooking, drying, and packaging. Data analysis was performed descriptively. The results suggest that in order to obtain high quality products as well as effective and efficient process, the tools and machines that should be used are sap filtering machines, sugar drying machines, sugar filtering machines and packaging machines.

Keywords*: Tools and Machines, Crystal Sugar Production, Effectively, Efficiently.*

1. PENDAHULUAN

Sistem produksi adalah kumpulan komponen-komponen yang saling terkait atau beriteraksi satu dengan yang lainnya untuk menghasilkan produk. Sistem ini terdiri dari masukan (*input*), proses dan luaran (*output*). Kualitas produk atau *output* yang dihasilkan sangat tergantung pada kualitas input dan proses yang dilakukan. Itu berarti bahwa untuk menghasilkan produk yang berkualitas, maka harus diikuti dengan penggunaan input yang berkualitas pula dengan proses produksi yang juga berkualitas.

Tujuan kegiatan produksi adalah menghasilkan produk yang berkualitas dengan melalui proses produksi yang efektif dan efisien. Tujuan ini sifatnya alami, karena input dan proses produksi menentukan kualitas produk, dan selanjutnya akan menentukan nilai jual produk. Namun demikian, tujuan ini tidak mudah dicapai seiring dengan keterbatasan sumber daya yang ada di industri, terutama pada industri skala rumah tangga.

Industri rumah tangga dicirikan dengan kapasitas produksi yang rendah, tenaga kerja yang sedikit, sarana dan peralatan produksi, modal usaha, pemasaran serta pangsa pasar yang terbatas. Sejumlah faktor pembatas ini menjadi pertimbangan dalam perencanaan industri skala rumah tangga.

Perencanaan pada hakekatnya merupakan suatu proses penyiapan seperangkat keputusan yang dilakukan secara terarah dan sistematis agar tujuan dapat dicapai secara efektif dan efisien [1]. Sebagai upaya mencapai tujuan kegiatan produksi dengan mempertimbangkan sejumlah faktor pembatas, maka penentuan atau pemilihan alat dan mesin yang digunakan menjadi keputusan strategis dalam perencanaan industri skala rumah tangga.

Gula semut lontar dihasilkan dari tanaman lontar (*borassus flabellifer*). Tanaman ini memiliki kemampuan beradaptasi di daerah kering dengan curah hujan 500-900 mm per tahun [2]. Karena karakteristik tersebut, tanaman lontar dapat dijumpai dan tersebar luas di wilayah kering seperti Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Daerah sebaran meliputi Kabupaten Kupang, Sabu Raijua, Sumba Barat Daya, Rote Ndao, dan sebagian kecil di Kota Kupang. Secara umum masyarakat memanfaatkan tanaman lontar sebagai bahan kerajinan, bahan bangunan dan sebagai sumber pangan yaitu gula lontar. Dalam kaitannya sebagai tanaman lahan kering dan sumber pangan lokal, tanaman lontar dan produk yang dihasilkan merupakan salah satu sasaran penelitian dalam Rencana Induk Penelitian [3]. Gula semut lontar secara langsung ikut berkontribusi pada ketersediaan gula nasional. Dalam kaitan tersebut, pengembangan gula lontar merupakan bagian dari program prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019 [4].

Secara umum gula lontar terdiri dari gula cetak, gula semut, dan gula cair (*gula air*). Ketiga jenis gula ini dihasilkan dari sumber bahan baku yang sama yaitu nira lontar (*tuak*). Gula cetak lebih dikenal dengan

[1]Korespondensi penulis: Fahrizal, Telp 081339438033, fahrizal@staf.undana.ac.id

nama *gula lempeng* merupakan gula merah yang dihasilkan dari proses penyadapan, penyaringan, dan pemasakan nira lontar kemudian dicetak. Pencetakan menggunakan daun lontar berbentuk gelang dalam berbagai ukuran diameter. Gula semut dibuat dengan proses pengolahan hampir sama dengan gula cetak. Perbedaanya terletak pada proses penggerusan (*reduction sizing*) dan pengayakan. Gula semut memiliki beberapa keunggulan dibandingkan gula cetak antara lain daya simpan lebih lama karena kadar airnya rendah, lebih mudah larut, pengemasan dan pengangkutan lebih mudah, rasa dan aromanya lebih khas, dapat ditambah dengan bahan lain, dan nilai ekonominya lebih tinggi [5], [6], [7],[8], [9]. Selain bahan baku nira segar, pembuatan gula semut juga dapat dilakukan melalui teknik *reprosessing*, yaitu gula semut dibuat dari gula cetak yang sudah jadi [10].

Gula semut lontar termasuk dalam kelompok gula merah. Syarat mutu gula semut lontar mengacu pada standar mutu yang ditetapkan Badan Standardisasi Nasional Indonesia yaitu SNI 01-3743-1995 [11]. Pada SNI 01-3743-1995 telah ditetapkan sejumlah kriteria uji, satuan dan persyaratan minimal yang harus dipenuhi, misalnya warna, aroma, kadar air, kadar abu, cemaran logam dan kriteria lainnya.

Pada industri rumah tangga gula semut skala rumah tangga, terdapat sejumlah kriteria uji yang dapat dikendalikan untuk mencapai syarat mutu, misalnya kadar air dan bagian-bagian yang tidak dapat larut. Kadar air gula semut yang dipersyaratkan maksimal 3,0 (% b/b), lebih rendah dibandingkan dengan gula cetak yang mencapai 10,0 (% b/b). Kadar air yang rendah ini dimaksudkan agar gula semut memiliki daya simpan yang lama yaitu 5-7 bulan. Untuk menghasilkan kadar air tersebut dibutuhkan proses pengeringan menggunakan alat atau mesin pengering serta alat pengemasan gula. Bagian-bagian yang tidak larut umumnya berasal dari ranting, daun, serangga dan bahan-bahan *impurities* lainnya yang ikut dalam pembuatan gula. Kadar komponen ini dapat dikurangi dengan menerapkan alat penyaring nira. Berdasarkan SNI 01-3743-1995, kriteria ini maksimal 0,2%, sedangkan untuk gula cetak maksimal 1,0%.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji alat dan mesin yang dapat diterapkan dalam industri gula semut lontar skala rumah tangga untuk tujuan menghasilkan gula semut yang berkualitas dengan mempertimbangkan sejumlah keterbatasan pada industri gula semut skala rumah tangga.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung pada usaha rumahan pembuatan gula semut lontar di Desa Duadolu, Tualima dan Desa Oetetelu, Kecamatan Rote Barat Daya Kabupaten Rote Ndao Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Ketiga desa ini merupakan sentra produksi gula cetak dan gula semut lontar di Kabupaten Rote Ndao. Disamping itu juga dilakukan *benchmarking* pada industri kecil gula semut kelapa di Kokap, Kulon Progo, Yogyakarta.

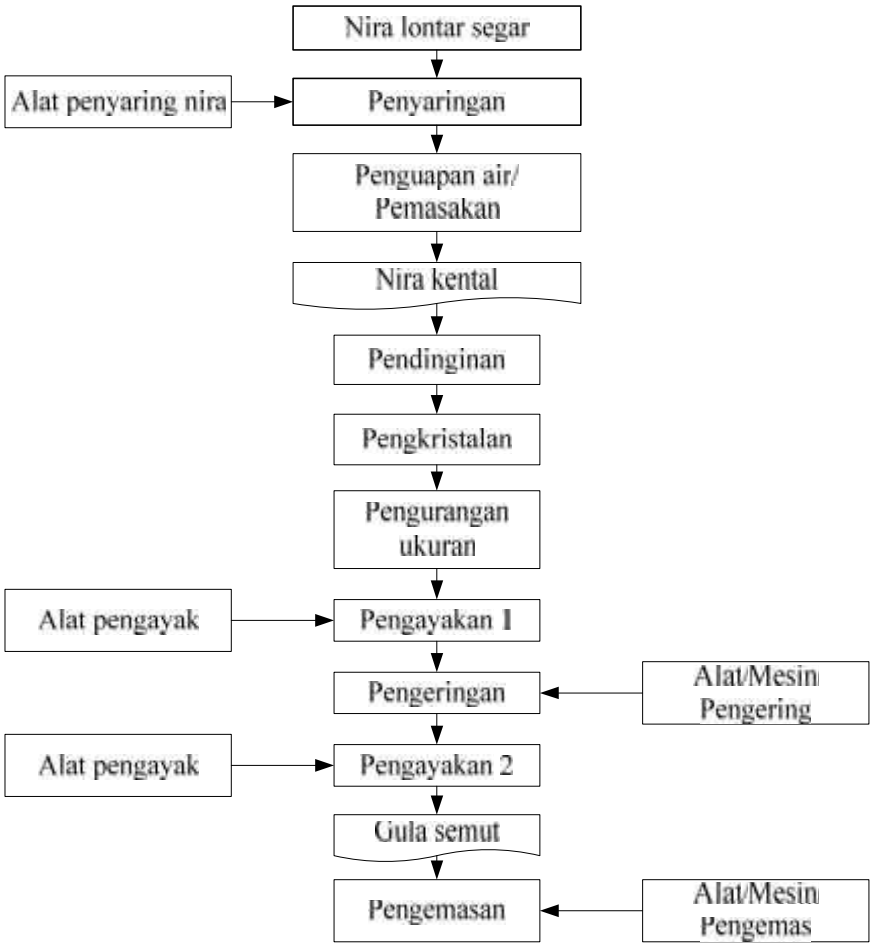
Pengumpulan data dilakukan dalam bentuk pengamatan proses pembuatan gula semut, dimulai dari proses penyadapan nira sampai menjadi gula. Selain itu juga dikumpulkan data tentang peralatan produksi, jumlah tenaga kerja, dan pemasaran produk. Data alat dan mesin diperoleh dari kegiatan *benchmarking*. Penelusuran pustaka juga dilakukan untuk mengumpulkan data hasil penelitian atau buku referensi yang berkaitan dengan produksi gula semut. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Gula Semut Lontar

Gula semut lontar merupakan produk agroindustri yang dihasilkan melalui kegiatan mengolah bahan baku nira melalui proses termal dan mekanik. Tahap awal adalah pengambilan nira dan dilanjutkan dengan penyaringan (*filtering*). Proses ini bertujuan untuk memisahkan bahan ikutan atau pengotor yang ikut dalam nira, misalnya ranting, daun, dan serangga. Selanjutnya dilakukan proses evaporasi dengan cara memasak nira sampai mengental di atas tungku menggunakan kayu bakar. Setelah nira mengental, kemudian didinginkan sambil diaduk sehingga terjadi pengkristalan. Selanjutnya dilakukan penggerusan supaya tidak terjadi penggumpalan sekaligus mengurangi ukuran butiran kristal. Kemudian dilanjutkan lagi dengan proses pengayakan (*sieving*). Pengayakan merupakan proses pemisahan secara mekanis untuk tujuan menghasilkan ukuran butiran kristal yang diinginkan. Gula semut yang dihasilkan pada tahap ini masih memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga untuk mengurangi kadar air harus dilanjutkan melalui proses pengeringan. Tahap ini biasanya menggunakan proses alami dengan cara menjemur di bawah sinar matahari atau menggunakan oven pengering. Tingkat kandungan air dalam gula semut sangat berpengaruh pada umur simpan. Pada proses pengeringan terjadi penggumpalan, sehingga diperlukan lagi pengayakan. Pada tahap ini dihasilkan gula semut yang sesuai dengan ukuran butiran kristal yang diinginkan dan yang tidak lolos ayakan. Gula semut

yang tidak lolos ayakan dipisahkan dan dikemas untuk pangsa pasar yang berbeda. Tahapan akhir adalah pengemasan gula semut dalam kemasan yang permeabilitasnya rendah, misalnya kantong plastik, karung plastik, dan jenis wadah plastik lainnya. Tahapan pembuatan gula semut dan alat atau mesin yang digunakan dalam produksi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pembuatan gula semut lontar

Sentra produksi gula semut lontar di Provinsi Nusa Tenggara Timur terdapat di Desa Duadolu, Tualima, dan Oetetelu Kecamatan Rote Barat Daya, Kabupaten Rote Ndao. Pembuatan gula semut di ketiga wilayah ini bersifat industri rumahan dengan jumlah tenaga kerja 3-4 orang. Tingkat keterampilan tenaga kerja umumnya diwariskan secara turun-temurun, ditambah dengan sejumlah pelatihan yang mereka dapatkan. Infrastruktur listrik tersedia, sehingga memungkinkan digunakan alat dan mesin dengan sumber daya listrik. Bahan bakar gas LPG dan minyak tanah juga tersedia, walaupun jumlahnya sangat terbatas, sebaliknya bahan bakar kayu cukup melimpah. Gula semut dijual dalam bentuk curah dan kemasan. Gula semut curah umumnya di jual di pasar-pasar tradisional, sedangkan dalam bentuk kemasan dijual di toko-toko souvenir dan pintu keluar-masuk Kabupaten Rote Ndao, yaitu pelabuhan pelni, pelabuhan penyebrangan fery dan bandar udara. Permintaan dari luar daerah juga cukup tinggi, misalnya dari pedagang di Kupang, serta pengiriman ke luar NTT.

B. Alat Penyaring Nira

Penyaringan nira dilakukan pada sebelum nira dimasak atau setelah nira dipanen. Proses ini bertujuan untuk membersihkan nira dari bahan ikutan atau bahan pengotor seperti daun, ranting, dan serangga. Umumnya komponen bahan ikutan terbanyak berupa serangga, biasanya lebah madu. Kualitas gula semut sangat ditentukan oleh proses penyaringan nira yang dilakukan.

Komponen terpenting alat penyaring nira adalah saringan. Kinerja alat penyaring tergantung pada tingkat ukuran *mesh* yang digunakan. Semakin tinggi ukuran *mesh*, semakin banyak bahan partikel atau bahan ikutan yang tersaring.

Alat penyaring nira sebaiknya terbuat dari bahan yang tidak mudah berkarat, misalnya *stainless steel*. Disamping itu, alat ini harus mudah dibersihkan. Alat ini harus selalu bersih sebelum dan setelah digunakan. Alat yang tidak bersih dapat menyebabkan kerusakan pada nira, karena nira mengandung gula yang merupakan media pertumbuhan mikroba [12].

C. Alat Pengayak Gula Semut

Pengayakan digunakan secara luas dalam industri makanan untuk pemisahan partikel kecil dari yang besar [13]. Dalam pembuatan gula semut lontar dilakukan pengayakan sebanyak 2 kali yaitu setelah gula membentuk kristal (pengayakan 1) dan setelah gula semut dikeringkan (pengayakan 2). Pada pengayakan 1, ukuran butiran kristal belum seragam dengan kandungan air yang cukup tinggi sekitar 7% [7]. Pengayakan 1 ini menentukan ukuran butiran yang diinginkan atau sesuai kebutuhan. Ukuran *mesh* pengayak yang digunakan juga bervariasi sesuai kebutuhan. Standar ukuran *mesh* yang banyak digunakan adalah US-Sieve atau Tyler Sieve. Ukuran *mesh* standar US-Sieve bervariasi mulai 2.5 sampai 400. Ukuran *mesh* 10 artinya diameter lubang pengayak 2.0 mm [13]. Prinsip kerja alat pengayak adalah menyaring atau memisahkan gula semut dari ukuran yang lebih besar sehingga dihasilkan ukuran butiran yang seragam. Proses pemisahan ini menggunakan gaya gravitasi dan atau gaya sentrifugal. Pemisahan secara manual menggunakan gaya gravitasi, yaitu gula semut yang berukuran kecil akan terpisah melalui lubang ayakan tanpa menggunakan gaya sentrifugal. Proses ini lebih praktis digunakan untuk industri skala rumah tangga karena kapasitas produksinya rendah.

Alat pengayak gula semut sebaiknya terbuat dari bahan yang tidak mudah berkarat. Karat yang timbul pada peralatan dapat mencemari gula dan tidak baik bagi kesehatan. Selain itu, alat pengayak juga harus memiliki sifat kuat dan ringan. Sifat yang kuat memungkinkan alat ini dapat menerima beban mekanis ketika digunakan, sedangkan sifat ringan membuat alat ini mudah digunakan dan tidak menyebabkan kelelahan. Sejumlah bahan logam yang memiliki ketiga sifat seperti *stainless steel* dan aluminium [14].

D. Alat/Mesin Pengering Gula

Metode pengeringan bahan pangan dapat dilakukan secara adiabatik dan non adiabatik [15]. Pengeringan gula semut menggunakan alat atau mesin pengering dilakukan secara nonadiabatik, yaitu panas evaporasi tidak langsung kontak dengan gula semut, tetapi dipindahkan melalui dinding alat pengering. Penas evaporasi dipindahkan secara radiasi dan konveksi [16].

Pengeringan merupakan salah satu tahapan penting dalam pembuatan gula semut dengan tujuan mengeluarkan sebagian air dari produk melalui cara penguapan. Pengeringan gula semut umumnya dilakukan secara alami, yaitu penjemuran di bawah matahari secara langsung. Gula semut ditempatkan di atas tikar atau pan-pan. Metode ini dipilih karena tidak membutuhkan biaya untuk menyediakan sumber panas. Namun demikian, pengeringan dengan metode ini kurang bagus untuk produk pangan karena kebersihannya sulit untuk diawasi [17]. Disamping itu, sumber panas matahari tidak merata dan tidak tersedia sepanjang hari.

Pengeringan gula semut menggunakan alat pengering mekanis sudah banyak diteliti dan diterapkan di industri gula semut skala rumah tangga [7], [18], [19]. Alat pengering mekanis yang banyak diterapkan adalah tipe rak (*cabinet dryer*). Bagian-bagian utama alat pengering tipe rak terdiri ruang pengering, pan-pan, sirip pemanas dan sumber pemanas. Ruang pengering merupakan tempat berlangsungnya proses pengeringan. Ruang pengering dibuat dari plat *stainless steel* atau aluminium. Panas dalam ruang pengering dihasilkan oleh perpindahan kalor radiasi oleh *plat stainless steel* yang dipanaskan oleh gas hasil pembakaran bahan bakar LPG (*Liquified Petroleum Gas*) atau kompor minyak tanah. Bahan bakar alternatif juga dimungkinkan untuk digunakan, seperti kayu bakar dan briket arang. Alat pengering tipe rak dapat juga dilengkapi blower yang berfungsi mengatur sirkulasi udara yang masuk dan keluar ruang pengering [18].

Proses pengeringan dilakukan dengan cara meletakkan gula semut di atas pan-pan yang disusun bertingkat. Jumlah tingkat dan ketebalan gula tergantung pada kapasitas produksi. Gula semut yang dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* dapat menurunkan kadar air mencapai 3% [7], [18], [19]. Gula semut dengan kadar air tersebut aman untuk disimpan dalam jangka lama. Berdasarkan SNI Gula Palma No. 01-3743-1995, kadar air gula palma berbentuk granula/butiran maksimum 3% [11].

E. Alat Bantu Pengemas Gula Semut

Gula semut yang telah dikeringkan bersifat higroskopis, yaitu sifat mudah menyerap air dari lingkungan sekitarnya sehingga kadar airnya mudah meningkat. dengan menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Pengemasan gula dimaksudkan untuk melindungi gula agar tidak lembab serta bebas dari pencemaran lingkungan.

Pengemasan gula dilakukan dengan memasukkan produk tersebut dalam wadah yang permeabilitasnya rendah atau tidak mudah menyerap air, misalnya kantong plastik. Ukuran kantong tergantung pada kebutuhan pasar atau permintaan konsumen. Berbagai jenis ukuran, bahan, tebal dan bentuk kemasan plastik yang tersedia di pasaran. Penggunaan plastik ini umumnya digunakan karena mudah diperoleh, murah, mudah dibentuk, mempunyai adaptasi yang tinggi terhadap produk, dan mudah dalam penanganannya [20]. Penggunaan *labeling* pada kemasan pencantuman informasi kandungan gizi dan masa kadaluarsa akan memberikan nilai tambah produk dan kepercayaan kepada konsumen.

Alat bantu pengemas gula semut yang sederhana berupa *sealer* yang befungsi untuk merapatkan bagian ujung kedua permukaan kemasan plastik menggunakan energi panas, sehingga produk tidak berhubungan langsung dengan udara luar. Alat ini menggunakan energi listrik daya rendah sehingga dapat digunakan oleh industri skala rumah tangga.

4. KESIMPULAN

Penerapan alat dan mesin dalam produksi di industri gula semut skala rumah tangga dapat meningkatkan kualitas serta proses produksi yang efektif dan efisien. Penerapan alat dan mesin tersebut dimulai dari hulu sampai hilir atau mulai dari tahap pemanenan nira sampai pada tahap pengemasan gula. Alat dan mesin terdiri dari alat penyaring nira, pengayak, pengering dan alat bantu pengemas gula. Pemilihan spesifikasi alat dan mesin yang akan digunakan harus mempertimbangkan infrastruktur lokasi, kapasitas produksi, tingkat keterampilan tenaga kerja, pangsa pasar, dan modal usaha. Saran penelitian selanjutnya adalah mengkaji aspek kelayakan usaha pengggunaan alat dan mesin mekanis serta analisis kinerja alat dan mesin tersebut dalam produksi gula.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Fahrizal, Marimin, Yani M, Purwanto MYJ, dan Sumaryanto, “Model penunjang keputusan pengembangan agroindustri gula tebu (Studi kasus di Provinsi Nusa Tenggara Timur),” J Tek Ind Pert, vol. 24, no. 3,189-199, Desember 2014.

[2] P. Tambunan, “Potensi dan kebijakan pengembangan lontar untuk menambah pendapatan penduduk, “ Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian, vol. 1, no. 1, 27-45, April, 2010.

[3] Lembaga Penelitian Universitas Nusa Cendana, Rencana induk penelitian (payung dan peta jalan penelitian) Universitas Nusa Cendana Tahun 2016-2020, Kupang: LEMLIT Undana, 2015.

[4] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019. Buku I Agenda Pembangunan Nasional, Jakarta: BAPENAS Republik Indonesia, 2014.

[5] Mustaufik dan H. Dwiyanti, Evaluasi mutu gula kelapa kristal yang dibuat dari bahan baku nira dan gula kelapa cetak. Laporan Penelitian Peneliti Muda. Purwokerto: Jurusan Teknologi Pertanian Unsoed, 2006

[6] Mustaufik dan H. Dwiyanti, Rekayasa pembuatan gula kelapa kristal yang diperkaya dengan vitamin A dan uji preferensinya kepada konsumen. Laporan Penelitian Peneliti Muda. Purwokerto: Jurusan Teknologi Pertanian Unsoed, 2007

[7] Hanim A.Z., T. Erlinda, T., S. Rahayoe, dan P. Setyowati, “Analisis kinerja alat pengering tipe rak (c*abinet dryer*) untuk pengeringan gula semut”, Seminar Nasional Sains & Teknologi, 1260-1268, 19-20 November, 2013.

[8] Fahrizal, N.G. Yeheskial NG, dan Kartiwan, “Optimasi produksi gula cetak dan gula semut lontar terintegrasi dengan metode linear programming”, Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang, 505-510, 26 Oktober, 2017.

[9] H. Kurniawan, N. Bintoro, dan J.N.W. Karyadi, “Pendugaan umur simpan gula semut dalam kemasan dengan pendekatan Arrhenius,” Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, vol. 6, no. 1, 93-99, 2018.

[10] A.F. Mulyadi, "Studi kelayakan pendirian unit pengolahan gula semut dengan pengolahan sistem reprosesing pada skala industri menengah di Kabupaten Blitar'', Proceeding Lokakarya Nasional Pemberdayaan Potensi Keluarga Tani untuk Pengentasan Kemiskinan, 6-7 Juli, 2011.
[11] Badan Standardidasi Nasional, Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3743-1995 Gula Palma, Jakarta: BSN, 1995.
[12] Fahrizal, N.G. L.M. Daniel, dan Jasman, "Perbaikan kualitas gula lontar di Kabupaten Kupang melalui pelatihan good manufacturing practice dan pembuatan dapur sehat", Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian kepada Masyarakat (SNHPKM)-VII Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang, 447-451, 26 Oktober, 2017.
[13] R.T. Toledo, Fundamentals of food process engineering. Third Edition, University of Georgia: Springer, 2007.
[14] A. Schonmetz dan K. Gruber, Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam, Bandung: Angkasa, 2013.
[15] A.S. Mujumdar, Handbook of industrial drying. New York: Marcel Dekker Inc, 1987.
[16] J.P. Holman, Perpindahan kalor, Edisi enam, Jakarta: Erlangga, 1994.
[17] F.G. Winarno, Pengantar teknologi pangan. Jakarta: Gramedia, 1980.
[18] S. Johanes dan S.B. Wibowo, "Unjuk kerja aAlat pengering gula semut kapasitas maksimum 150 Kg menggunakan bahan bakar LPG", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan Sekolah Vokasi UGM. Yogyakarta", 70-74, 15 November, 2014.
[19] Septiyana, Adnand, Adriansyah, Nurkayanti, dan Kurniawan, "Introduksi Alat Pengering bagi Pengrajin Gula Semut di Desa Kekait Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat," Widyabhakti Jurnal Ilmiah Populer, vol. 1 no. 3, 83-90, 2019.
[20] R. Syarif, S. Santausa., dan B. Isyana, Teknologi pengemasan pangan, Bogor: Laboratorium Rekayasa Proses Pangan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor, 1989.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Nusa Cendana dan Direktorat Riset dan Pengembangan Kemenristek Dikti Republik Indonesia atas pembiayaan kegiatan melalui skema Penelitian Terapan tahun 2019.

PENGARUH KEKERASAN TERHADAP VARIASI *POST WELD HEAT TREATMENT* PADA PENGELASAN DISSIMILAR METALS ANTARA BAJA KARBON (ST42) DAN BAJA TAHAN KARAT (AISI 304)

Agus Hariyanto[1], Markus Tato' Mangando
Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda

ABSTRACT

In dissimilar welding between stainless steel and low carbon steel, the welding metal and the base metal have a thermal cycle of heating and cooling which causes residual stress. Residual stress can cause shaking, decreasing weld strength and corrosion resistance. One method used to reduce residual stress is PWHT (Post Weld Heat Treatment). The heat treatment applied in this study was releaving strees on specimens with a heating temperature variation of 600° C and 700° C with a holding time of one hour and then cooled slowly in the furnace. Tests carried out were testing the hardness of Vickers including base metal, HAZ area, and welding area with micro hardness test equipment. The results show that in the HAZ area, carbon steel refinement occurs and crystal hardness decreases. Decreased hardness of dissimilar metals specimens with PWHT 600° C and 700° C occurred in St 42, HAZ St 42, welding metal and HAZ AISI 304. PWHT 600° C increased hardness of AISI 304 base metal due to the formation of chromium carbide at grain boundaries and the hardness value of AISI base metal 304 with PWHT 700°C is almost the same as the hardness value of AISI 304 base metal without PWHT.

Keywords: *Dissimilar Welding, Stainless Steels, Carbon Steel, PWHT, Vikers Hardness*

1. Pendahuluan.

Pada waktu sekarang teknik pengelasan telah banyak dipergunakan dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan kontruksi mesin. Luasnya penggunaan ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya lebih sederhana, sehingga keseluruhannya menjadi lebih murah. Namun demikian disamping keuntungan harus diakui bahwa sambungan las juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah : timbulnya lonjakan tegangan yang besar disebabkan oleh perubahan struktur mikro pada daerah sekitar las yang menyebabkan turunnya kekuatan bahan dan akibat adanya tegangan sisa, serta adanya retak akibat dari proses pengelasan. Juga sangat rentan korosi terutama pada pengelasan tidak sejenis (*dissimilar metals*).Banyak hal yang dapat mempengaruhi sifat mekanis maupun sifat kimia pada hasil pengelasan, antara lain: jenis elektroda las yang digunakan, masukan panas (*heat input*) dan perlakuan panas setelah pengelasan. Penggunaan pengelasan terhadap 2 (dua) material atau logam induk yang berbeda atau istilahnya *dissimilar* banyak digunakan di industri kimia dan konstruksi- konstruksi mesin dan bangunan. Hal ini berhubungan dengan efisiensi bahan dan fungsi dari bagian-bagian mesin dan bangunan tersebut, yang tidak kalah penting adalah ketangguhan 2 (dua) material yang disambung terhadap beban statis.

Untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul tersebut perlu adanya penelitian-penelitian untuk meningkatkan kualitas hasil lasan. Salah satu penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan *post weld heat treatment* (PWHT). Perlakuan panas ini bertujuan untuk menghilangkan tegangan dalam, menghaluskan butiran dan mengurangi kekerasan, sehingga diperoleh sifat-sifat yang lebih plastis dan ulet,

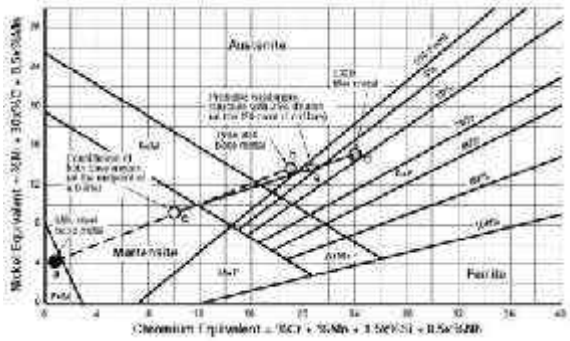
Masukan panas pada proses pengelasan mempengaruhi nilai dan distribusi tegangan sisa. Tegangan sisa bisa menyebabkan penggetasan, menurunnya kekuatan las dan ketahanan korosi. Pembebasan tegangan sisa setelah pengelasan biasanya menggunakan cara *stress releaving* (Paradowska, dkk, 2006). Pada pengelasan *dissimilar* antara baja tahan karat martensit dan baja karbon menggunakan las GTAW, masukan panas las rendah menyebabkan kekerasan lebih tinggi dalam logam las dan di sepanjang batas lebur baja karbon daripada masukan panas tinggi (Barnhouse dan Lippold, 2002

[1] Korespondensi penulis: Agus Hariyanto, Telp. 082351389500, hariyantoagus95@yahoo.co.id

Huang dan Wang (1998) meneliti perpindahan karbon pada pengelasan baja feritik dan baja austenitik menggunakan las SMAW setelah diberi perlakuan panas 500°C – 700°C. Distribusi karbon, kromium, nikel dan besi terjadi di daerah lasan dan sekitarnya. Rodrigues, dkk (2003) meneliti tentang pengaruh PWHT terhadap ketangguhan pengelasan *dissimilar* antara *stainless steel* dan *Cr-Mo steel*. Semakin besar suhu PWHT akan terjadi penurunan kekerasan yang signifikan terutama HAZ *Cr-Mo steel*.

Pengelasan Dissimilar

Pada dasarnya sebagian besar baja tahan karat dapat dilas dengan baja karbon rendah. Pada sambungan dissimilar metal mengacu pada diagram Schaeffler. Dengan menghitung Cr-equivalen dan Ni-equivalen pada raw material maupun filler yang digunakan, maka endapan struktur mikro dapat diperkirakan. Analisa struktur mikro pada diagram schaeffler berlaku pada berbagai macam jenis pengelasan seperti: GTA welding, SMA welding, SAW maupun GMAW.



Gambar 1 Diagram schaeffler (Barnhouse dan Lippold, 2002)

Masukan panas yang terjadi pada pengelasan dapat dirumuskan $H = \frac{\eta . P}{v} = \frac{\eta . E . I}{v}$ 1

Dimana H adalah Heat Input..J/mm,P :Tenaga input (watt),v:Kecepatan pengelasan (mm/s), η: Efisiensi, E: Potensial listrik (volt),I : Arus listrik (ampere)

Kekerasan Vickers

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1987).

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P\sin(\theta/2)}{d^2} = \frac{(1{,}854)P}{d^2} \quad \text{.....} \quad 2$$

dengan: P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

Post Weld Heat Treatment

PWHT adalah bagian dari proses heat treatment yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk setelah proses weldingan selesai. Material terutama carbon steel akan mengalami perubahan struktur dan grain karena effect dari pemanasan dan pendinginan. Struktur yang tidak homogen ini menyimpan banyak tegangan sisa yang membuat material tersebut memiliki sifat yang lebih keras namun ketangguhannya lebih rendah.. Selama proses pemanasan dan pendinginan tersebut, akan terjadi beberapa perubahan ukuran butiran dan struktur mikro. Karena semakin tinggi temperatur austenisasi diberikan pada material yang sama ukuran butir akan semakin besar. Dan dengan harga laju pendinginan yang bervariasi material yang sama akan mempunyai struktur mikro yang berbeda, dapat berupa fine ferrit-pearlit, medium ferrit-pearlit, coarse ferrit-pearlit, bainit atupun martensit.

2. Metodologi Penelitian

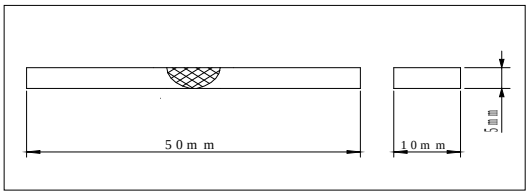
Bahan yang dipakai penelitian ini adalah Plate ST42 tebal 10 mm dan Stainless Steels tebal10 mm masing-masing sebanyak 3 buah.

Proses pengelasan yang dilakukan menggunakan metode SMAW dengan elektrode E312-16, sedangkan kuat arus yang dipakai 120 A dengan potensial listrik 70 V.

Proses selanjutnya adalah melakukan PWHT 600°C dan 700°C ditahan 1 jam kemudian didinginkan dalam tungku dan plate hasil pengelasan ke 3 tidak dilakukan PWHT.

Untuk mengetahui kekerasan dan struktur mikro material diadakan pengujian dengan alat uji mikro hardness, dengan metode Vickers seperti rumus di bawah ini dan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optic. bentuk dan spesimen seperti terlihat pada gambar 2.

$$Hv = \frac{2P\sin(\tilde{}/2)}{d^2} \quad (2)$$



Gambar 2 : Spesimen Uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Masukan Panas (*Head Input*)

Tabel 1 Komposisi Kimia sebelum pengelasan

Bahan	Komposisi kimia (%berat)								
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb
AISI 304	0,044	0,526	0,018	0,034	1,35	8,473	18,47	0,339	0,04
St 42	0,137	0,258	0,002	0,004	1,11	0,018	0,015	0,191	-
Elektroda E312-16	0,09	0,86	0,012	0,018	0,8	8,73	29,32	-	-

Tabel 2 Komposisi kimia setelah pengelasan

Bahan	Komposisi kimia (%berat)								
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb
HAZ St 42	0,21	0,41	0,013	0,015	0,62	0,646	1,072	0,028	-
Logam las	0,08	0,98	0,007	0,024	0,84	10,93	28,58	-	-

Dari hasil komposisi kimia bahan sebelum pengelasan, harga Cr-equivalen dan Ni-equivalen yang diperlukan untuk sambungan *dissimilar metals* mengacu pada diagram Schaeffler (Gambar 1).

a. Nilai dari Cr-equivalen dan Ni-equivalen baja tahan karat (AISI 304) adalah 19,62 % dan 10,47 %.

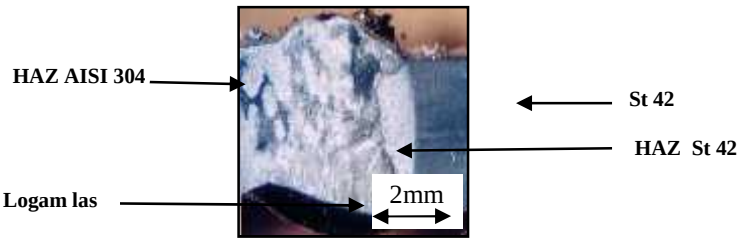
b. Nilai dari Cr-equivalen dan Ni-equivalen baja karbon rendah (St 42) adalah 0,59 % dan 4,68 %.

c. Nilai dari Cr- equivalen dan Ni- equivalen logam pengisi (E312-16) adalah 30,61 % dan 11,83 %.

Dengan menggambarkan Cr-equivalen dan Ni-equivalen untuk logam induk AISI 304 dan logam induk St 42 pada diagram Schaeffler kemudian menghubungkan kedua logam induk tersebut dengan garis lurus, kemudian titik tengah dari garis lurus logam induk dihubungkan ke Cr-dan Ni-equivalen logam pengisi E312-16. Pada pengelasan SMAW dengan posisi *one side flat*, faktor pencairan logam induk adalah 30% sehingga endapan struktur mikro logam las yang dapat diperkirakan adalah 32% ferit dan austenit, dan diidentifikasi sebagai baja tahan karat berfasa ganda (dupleks). Pada kondisi ini, logam las dan HAZ AISI 304 akan mengalami peningkatan kekerasan dan penurunan ketahanan korosi akibat dari presipitasi karbida (Ornig, 1994).

3.2 Pengamatan Makro

Tujuan pengamatan makro adalah untuk mengetahui bentuk dan batas antara daerah logam induk, HAZ dan logam las pada pengelasan *dissimilar metals*.

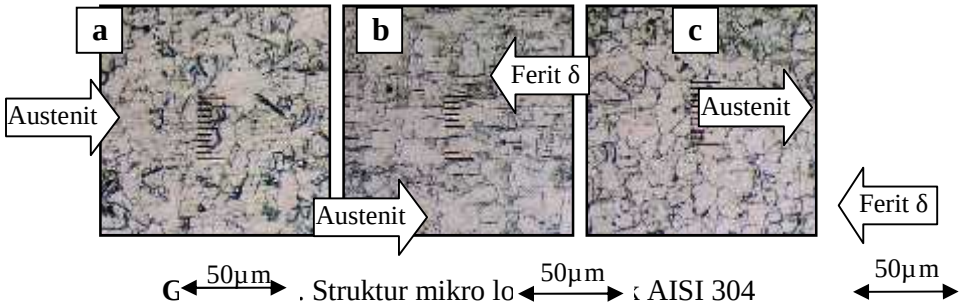


Gambar 3. Foto makro sambungan las

3.3 Pengamatan Struktur Mikro

Setiap spesimen memiliki bentuk struktur mikro yang berbeda, hal ini disebabkan karena setiap spesimen mendapatkan perlakuan panas yang berbeda mulai dari tanpa PWHT, PWHT 600°C dan PWHT 700°C. Pengambilan foto spesimen dilakukan dengan perbesaran 200X.

3.3.1 Struktur mikro logam induk AISI 304

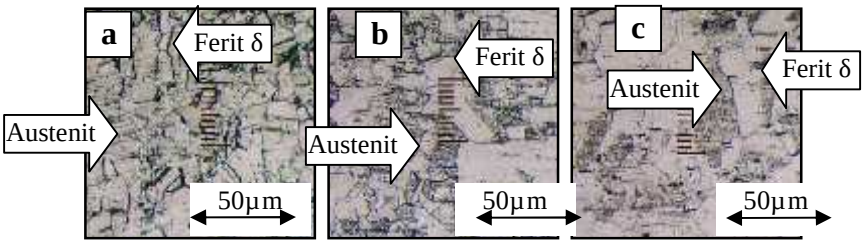


G. Struktur mikro lo AISI 304

(a). Tanpa PWHT, (b). PWHT 600°C, (c). PWHT 700°C

Pada Gambar 4.(a), logam induk AISI 304 merupakan material berstruktur austenit berfase FCC pada suhu kamar yang berarti sangat sulit mengalami perubahan fase meskipun dilakukan PWHT. Perbedaan yang mencolok pada Gambar 4.2(b) adalah pada PWHT 600°C, dimana batas butirnya hampir tidak kelihatan yang disebabkan pengendapan karbida pada batas butirnya. Pada pendinginan lambat dari 680°C ke 480°C akan terbentuk kromium karbida yang mengendap di antara butir (Wiryosumarto dan Okumura, 1988). PWHT 700°C menyebabkan pelarutan kembali kromium karbida yang terbentuk pada batas butir sehingga bentuk strukturnya hampir sama dengan logam induk AISI 304 tanpa PWHT seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4(c).

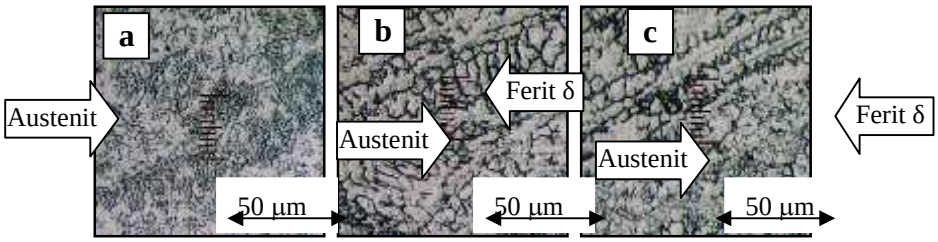
3.3.2 Struktur mikro HAZ AISI 304



Gambar 5. Struktur mikro HAZ AISI 304
(a). Tanpa PWHT, (b). PWHT 600°C, (c). PWHT 700°C

Pada Gambar 5(a), struktur mikro HAZ AISI 304 tetap berupa ferit δ dan austenit karena material tersebut sangat stabil sehingga panas yang berasal dari pengelasan tidak mengubah fasenya. Pada kondisi ini, kromium karbida ($Cr_{23}C_6$) akan terbentuk pada batas butir akibat dari peluruhan las (Trethewey dan Chamberlain, 1991). PWHT menyebabkan pembesaran butir dan penghalusan pada batas butirnya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5(b) dan Gambar 5(c).

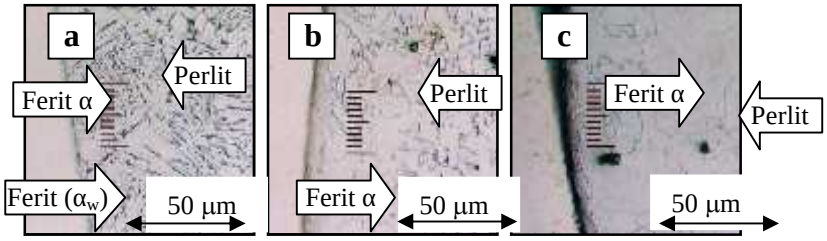
3.3.3 Struktur mikro logam las



Gambar 6. Struktur mikro logam las
(a). Tanpa PWHT, (b). PWHT 600°C, (c). PWHT 700°C

Pada Gambar 6(a), selama pendinginan dari logam cair sampai mencapai suhu kamar, logam las mengalami serangkaian perubahan fasa menjadi ferit δ dan austenit dengan bentuk struktur *equiaxed dendritic*. PWHT 600°C dan 700°C menyebabkan perubahan struktur *equiaxed dendritic* menjadi bentuk *columnar dendritic* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6(b) dan Gambar 6(c). Struktur mikro dengan bentuk bentuk *columnar dendritic* menunjukkan batas butir yang relatif besar (Rusli, 1995).

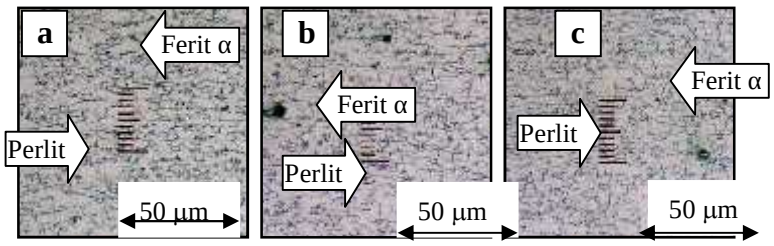
3.3.4 Struktur mikro batas logam las dan HAZ St 42



Gambar 8. Struktur mikro batas logam las dan HAZ St 42
(a). Tanpa PWHT, (b). PWHT 600°C, (c). PWHT 700°C

Pada Gambar 8(a), HAZ St 42 yang terpengaruh logam las mempunyai struktur ferit Widmanstatten (α_w) dan ferit batas butir (ferit α) dan sedikit perlit. Pada Gambar 8(b), PWHT 600°C menyebabkan perubahan struktur menjadi sedikit perlit dan ferit batas butir dengan jumlah lebih banyak dan bentuk lebih bulat. Dalam waktu yang sama terbentuk endapan pada batas logam las dan HAZ St 42 yang ditandai dengan garis vertikal gelap. Pada Gambar 8(c), PWHT 700°C menyebabkan perubahan bentuk ferit batas butir menjadi lebih besar dengan penghalusan pada batas butirnya dan endapan yang terbentuk semakin banyak.

3.3.5 Struktur mikro logam induk St 42

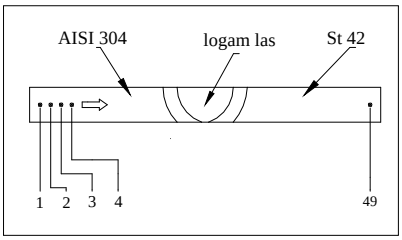


Gambar 10. Struktur mikro logam induk St 42
(a). Tanpa PWHT, (b). PWHT 600°C, (c). PWHT 700°C

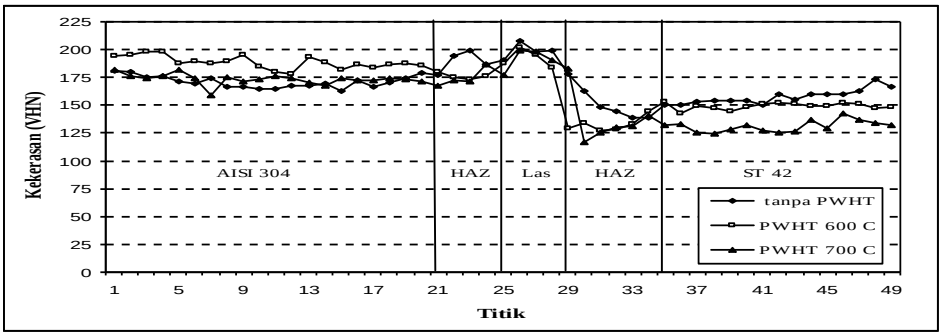
Pada Gambar 10(a), logam induk St 42 mempunyai struktur ferit α (terang) dan perlit(gelap). Jumlah ferit lebih banyak daripada perlit karena merupakan baja karbon rendah (C=0,13 %). PWHT 600°C dan 700°C menyebabkan penambahan jumlah ferit α dan pengurangan jumlah perlit akibat dari larutnya karbon didalam austenit seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 10(b) dan Gambar 10(c).

3.4 Uji Kekerasan Vickers

Uji kekerasan pada spesimen tanpa PWHT, PWHT 600°C dan PWHT 700°C dilakukan pada 49 titik yang berbeda pada masing-masing spesimen, jarak injak sejauh 1mm dengan pembebanan 1 kg. Kekerasan logam menyatakan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen



Gambar 11. Pembagian daerah kekerasan



Gambar 12. Grafik distribusi kekerasan las

Nilai kekerasan rata-rata logam induk AISI 304 tanpa PWHT dan PWHT 700°C hampir sama, yaitu 171 VHN dan 173 VHN. Sedangkan PWHT 600°C meningkatkan nilai kekerasan rata-rata menjadi 189 VHN karena pada batas-batas butirnya terbentuk kromium karbida yang mempunyai sifat keras dan getas. Sedangkan daerah HAZ AISI 304 dan logam las tanpa PWHT mempunyai kekerasan rata-rata yang tinggi karena mengalami pembentukan kromium karbida akibat dari siklus thermal pengelasan. Dengan PWHT 600°C dan PWHT 700°C terjadi penurunan kekerasan, terutama pada daerah HAZ AISI 304.

Nilai kekerasan rata-rata logam induk St 42 tanpa PWHT adalah 158 VHN. PWHT 600°C menyebabkan penurunan kekerasan rata-rata 149 VHN sedangkan PWHT 700°C menyebabkan terjadinya penurunan kekerasan

rata-rata 130 VHN. HAZ St 42 yang merupakan pusat korosi galvanik mempunyai kekerasan rata-rata 147 VHN lebih rendah dari pada kekerasan rata-rata logam induknya. PWHT 600°C dan 700°C menyebabkan penurunan kekerasan rata-rata 133 VHN dan 129 VHN yang ditandai dengan perubahan bentuk butir yang semakin besar dan batas butir yang semakin halus.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya masukan panas berpengaruh terhadap distribusi kekerasan dimana makin besar masukan panas akan mengakibatkan nilai kekerasan daerah HAZ baja karbon, HAZ *Stainless Steels* dan daerah las menurun.
2. Besarnya masukan panas juga berpengaruh nilai kekerasan pada daerah las yang menunjukkan peningkatan nilai kekerasan

5. Daftar Pustaka

Ahluwalia, H., 2003, *Improving corrosion resistance through welding*, fabrication methods, The fabricator.

Huang, M.L. and Wang, L., 1998, *Carbon Migration in 5Cr–0.5Mo/21Cr–12Ni Dissimilar Metal Welds*, Metallurgical and Material Transactions A, Vol. 29A, 3037-3046.

JIS, 2009, *Ferrous Materials and Metallurgy, JIS Handbook 1980*, Japanese Standards Association.

Jones, D.A., 2009, *Principles and Prevention of Corrosion*, MacMillan Publishing Company, New York.

Ornig, H., 2006, *Joining Dissimilar Materials*, Welding Engineer Training The Technical Assistance from The Australian Government to Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Austria.

Rusli, R.H., 2005, *Dasar Teori Solidifikasi Metal*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Surdia, T. dan Saito, S., 2006, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Wiryosumarto, H. dan Okumura, T., 2007, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Politeknik Negeri Samarinda yang telah mendanai penelitian sampai selesai melalui dana PNPB.

KAJI EXPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK SP1848-27145SA SUMBER PANAS MATAHARI MENGGUNAKAN KUBAH KACA

Musrady Mulyadi[1)], Abdul Rahman[1)], Ahmad Multazam[2)], AR Fifitasari[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Thermoelectric generator temperature difference between the two sides to produce electricity. Research was conducted evaluating thermoelectric generators using a glass dome. The results showed an average intensity of solar radiation of 960W / m^2, throughout the day the air temperature in the glass dome increased higher than the ambient temperature, while the temperature of the air inside glass domes vary on average 47°C, the effect of the use of glass domes that are able to maintain air temperatures in the glass dome. Thermoelectric generator temperature on the hot side varies depending on the intensity of solar radiation. Voltage 0.466 with a temperature difference of 8.9 ^{o}C. Difference in temperature of 7.4 ^{o}C and output voltage of 0.368. Electrical power can be obtained by a significant temperature difference on both sides of the thermoelectric generator, under conditions of intensity of solar radiation regarding the glass dome.

Keywords*: Thermoelectric, generator, radiation,dome*

1. PENDAHULUAN

Termoelektrik Generator (TEG) menyediakan tegangan input untuk alat pacu jantung dari perbedaan suhu yang ditemukan antara tubuh dan suasana. Dengan menggunakan teknik FBB, osilator tegangan rendah dan CP tegangan rendah telah dirancang dan disimulasikan yang memungkinkan rangkaian memulai dari tegangan input serendah 40 mV. Sirkuit pra pengisian untuk konverter penambah telah dirancang dan parameternya diperoleh. Osilator cincin dengan jumlah minimum tahapan telah dirancang untuk mendapatkan frekuensi osilasi maksimum dan output diumpankan ke sirkuit pompa pengisian. Pompa pengisian pellicani memompa tegangan hingga 1,2 V. Tegangan keluaran 2,4 V diperoleh dari Boost converter dengan disipasi daya rendah [1].

Meskipun efisiensi konversi energi termal menjadi listrik rendah,pengembangan unjuk kerja modul termoelektrik terus meningkat karena faktanya bahwa limbah panas atau panas buang dan berbagai sumber panas lainnya seperti panas matahari terus meningkat penggunaan dan manfaatannya.Oleh karena itu, kehadiran modul generator termoelektrik di pasar terus meningkat. Selain itu, generator yang digunakan saat ini memiliki rentang daya dari μW ke kW. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan adanya suatu upaya pengembangan pengujian unjuk kerja termoelektrik generator (TEG) yang memiliki teknologi yang efisien dan efektif dalam memanfaatkan radiasi panas matahari kubah kaca dan cermin pengarah untuk membangkitkan listrik termoelektrik generator.

Berdasarkan uraian masalah maka tujuan penelitian dilakukan untuk menganalisa pemanfaatan sumber energi panas matahari kubah kaca garah sebagai sumber panas termoelektrik generator, pengaruh perubahan beda temperatur sisi panas dan dingin termoelektrik generator pada variasi intensitas radiasi matahari.

Penelitian ini mengembangkan pemanfaatan sumber energi panas matahari kubah kaca dan cooling ice box sebagai pendingin termoelektrik generator terhadap kemampuan untuk menghasilkan listrik dengan menganalisa unjuk kerja termoelektrik generator pada kondisi variasi intensitas radiasi matahari dan beda temperatur pada kedua sisi termoelektrik. Metode energi panas matahari kubah kaca dan cermin pengarah untuk memaksimalkan panas yang mengenai sisi termoelektrik generator dan menggunakan cooling ice box sebagai pendingin, hal ini sangat memungkinkan terjadinya efek Seebeck pada termoelektrik generator sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik yang dapat dimanfaatkan pada penggunaan sumber daya kecil.

Termoelektrik pada sistem pembangkit tenaga surya terkonsentrasi berdasarkan modul termoelektrik generator (TEG) menggunakan konsentrator parabola diperoleh nilai temperatur maksimum 383°K pada sisi panas termoelektrik dengan tingkat radiasi sinar matahari 1050 W/m2 dan efisiensi sistem 2,11% pada kondisi

[1] Korespondensi penulis: Musrady Mulyadi, Telp 085399148487,musrady_mulyadi@poliupg.ac.id

tegangan maksimum modul termoelektrik yang dicapai adalah 4 volt [2]. Sistem pembangkit tenaga matahari skala kecil dengan menggunakan panas matahari berdasarkan prinsip termoelektrik generator menggunakan kolektor parabola sebagai cahaya dan panas matahari memanfaatkan modul Petier sebanyak 4 buah dengan hasil kinerja pembangkit listrik tegangan mencapai 3,9V ketika perbedaan suhu sebesar 40 derajat [3]. Modul termoelektrik surya skala kecil digunakan untuk mengevaluasi panas dan tenaga listrik yang dihasilkan oleh sistem, ini dengan mengukur suhu sistem (Th, Tc dan Tw) serta output tegangan TEG pada kondisi sirkuit terbuka. Sistem ini terdiri dari lampu halogen sebagai sumber matahari, plat tembaga sebagai penyerap matahari, penukar panas yang direndam dalam wadah air, dan TEG diapit antara penyerap panas dan penukar panas.Stabilitas radiasi cahaya dari lampu halogen dengan intensitas cahaya 1,7 kw / m^2 digunakan, karena halogen itu memberikan perkiraan yang lebih baik untuk spektrum surya. Prosedur perhitungan diverifikasi percobaan untuk mengetahui optimalisasi ukuran STEG optimal, yang menghasilkan nilai terbaik dari panas dan tenaga listrik Teknik yang ditetapkan menghitung daya listrik dan panas sebagai fungsi geometri termoelektrik generator. Perubahan ΔT diubah seiring dengan perubahan ukuran TEG, estimasi ΔT dibandingkan dengan ΔT yang diukur pada kondisi yang sama [4].

Prototipe kolektor surya TEG diuji pada kondisi simulator (indoor) dan lingkungan nyata (outdoor) yang menghasilkan hasil Tmax 57.95^{o}C di bawah suhu lingkungan (33.26^{o}C ± 1.81 s.d.) untuk lingkungan nyata dan Tmax sama dengan 54.4^{o}C kondisi simulator, menggunakan modul termoelektrik 40 mm x 40 mm, sistem ini dapat menghasilkan efisiensi hingga 5,04x10^{-3} % rata-rata dengan standar deviasi 1,10x10^{-3} sepanjang hari [5].Oleh karena itu, salah satu opsi yang lebih menarik untuk menganalisis unjuk kerja TEG dengan menggunakan kubah kaca sebagai perangkap panas konveksi dan media pendingin air yang relatif sederhana dengan modul termoelektrik komersial. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis unjuk kerja pada generator termoelektrik kubah kaca panas matahari untuk pembangkit listrik skala kecil dan karakteristik kinerjanya di atas sinar radiasi matahari yang berlokasi di Kota Makassar pada koordinat 5°8'7,4364' 'S dan 119 °25'25,6440"E dengan mengaplikasian termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan radiasi kalor matahari dengan menggunakan kubah kaca untuk menampung kalor matahari. Perpindahan panas konveksi menyebabkan terjadi panas pada salah satu sisi modul termoelektrik generator. Hasil dari penelitian diharapkan mampu menjadi salah satu cara alternatif dalam menghasilkan energi listrik, khususnya dalam memanfaatkan radiasi kalor matahari. Aplikasi termoelektrik generator ini pada kubah kaca merupakan sumber energi ramah lingkungan yang terbebas dari polusi dan ketersediaan energi matahari yang sangat melimpah karena kondisi geografis Indonesia yang terletak di daerah tropis yang sangat memungkinkan untuk memanfaatkan energi tersebut secara maksimal.

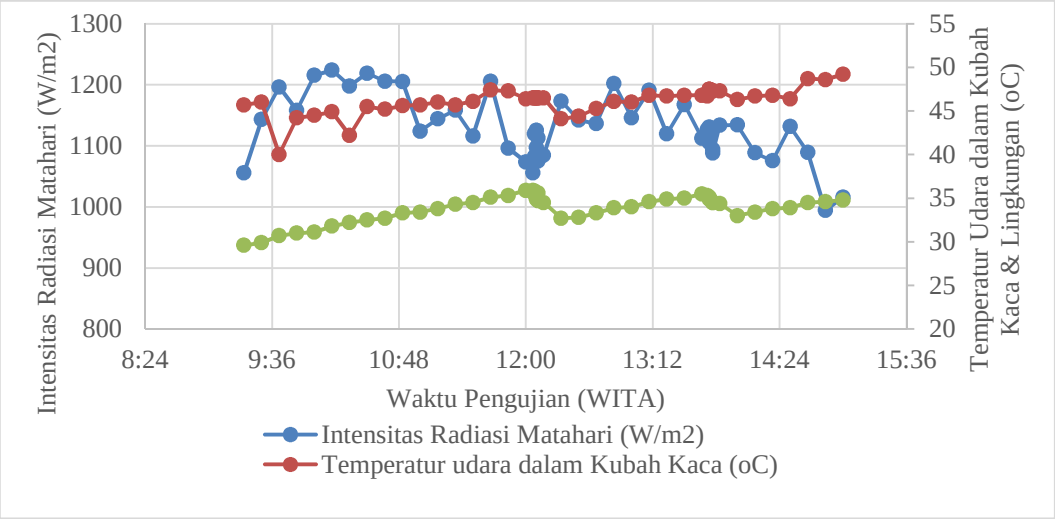
2. METODE PENELITIAN

Alat yang dirancang adalah pembangkit daya menggunakan modul generator termoelektrik. Jenis *thermoelectric generator* (TEG) yang digunakan adalah jenis TEG tipe SP1848-27145 SA dengan spesifikasi material keramik */ Bismuth Telluride*,berat modul 25gr dan ukuran modul 4 cm x 4 cm x 0.4 cm.

Pembuatan rangka dan komponen pendukung alat uji seperti memasang modul generator termoelektrik pada bahan akrilik dan alumunium *heatsink* pada sisi dingin dan sisi panas modul generator termoelektrik. Memasang sensor suhu pada sisi dingin dan sisi panas modul generator termoelektrik, pemsangan pompa dan kotak sirkulasi air pendingin modul sisi generator termoelektrik. Prosedure pengujian dengan tahapan Menyiapkan alat ukur yang akan digunakan (voltmeter, amperemeter, termometer dan piranometer).Pengujian dilakukan dari jam 09.30-15.00, dengan interval waktu 10 menit untuk pengambilan data intensitas radiasi matahari, I_r (Watt/m^2),temperatur sisi panas TEG, T_h (^{o}C),temperatur dalam kubah, T_2 (^{o}C),temperatur sisi dingin TEG, T_c (^{o}C),temperatur dalam kotak air pendingin modul generator termoelektrik, T_4 (^{o}C),temperatur dalam kotak sirkulasi air pendingin, T_5 (^{o}C),temperatur lingkungan, T_6 (^{o}C),tegangan keluaran TEG, V (Volt) dan arus keluaran TEG, I (Amp).

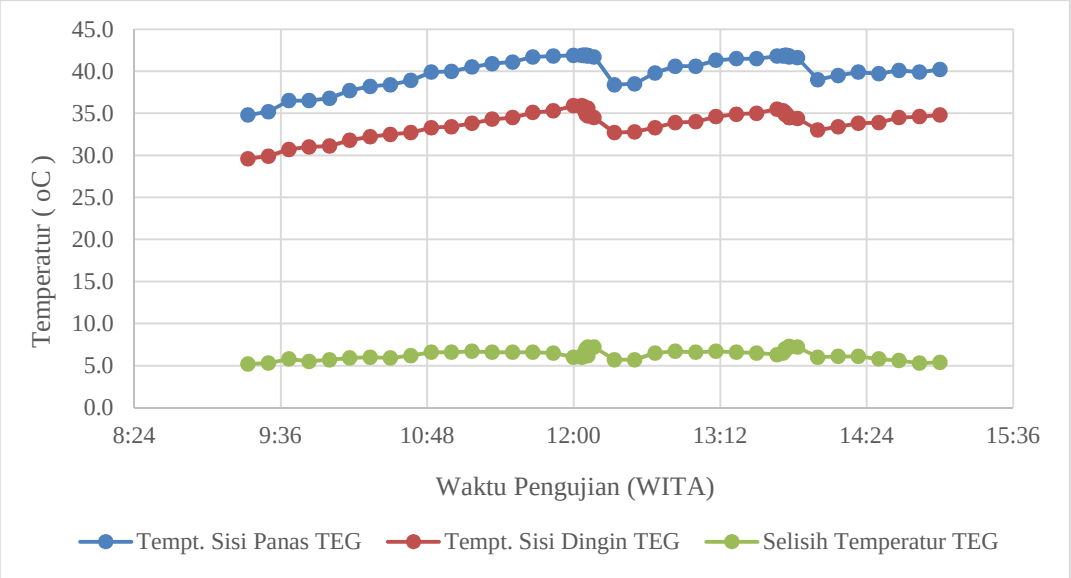
Generator termoelektrik mendapatkan sumber panas dari matahari dengan menggunakan kubah kaca untuk mempertahankan panas dari matahari. Di sisi dingin modul diberi heatsink dan pendingin air yang bersirkulasi. Perbedaan temperatur yang tinggi bisa mendapatkan tegangan dan arus listrik yang tinggi juga.Metode penelitian dilakukan secara desain dan uji eksperimental prototipe peralatan Termoelektrik Generator (TEG) di area terbuka bebas dari hambatan sinar matahari, yang akan ditekankan pada rancang bangun unit uji, pengujian kinerja, serta evaluasi. Penelitian akan dilakukan secara bertahap, yaitu dimulai dengan rancang bangun prototipe alat uji Termoelektrik Generator (TEG) sumber panas matahari kubah kaca, dilanjutkan dengan pengujian kinerja hasil desain dan diakhiri dengan evaluasi hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



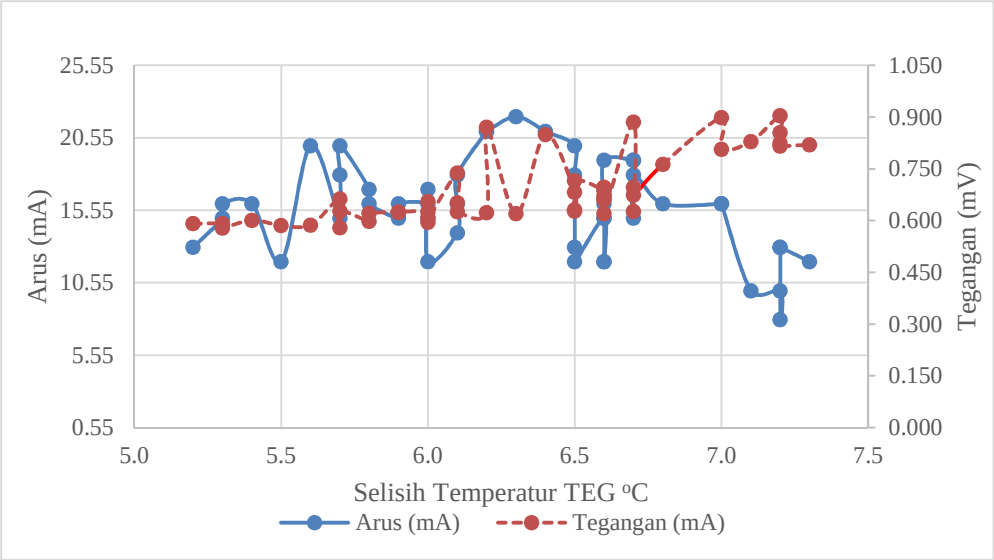
Gambar 6. Grafik hubungan waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari, temperatur salam kubah dan lingkungan

Berdasarkan gambar 6 tentang grafik hubungan intensitas radiasi matahari harian terhadap waktu, menunjukkan nilai intensitas radiasi matahari sepanjang hari rata-rata 960W/m^2, dengan tingginya nilai intensitas radiasi matahari sepanjang hari menyebabkan temperatur udara dalam kubah kaca meningkat bahkan lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Tempertur lingkugan terjadi peningkatan sepanjang hari pada kondisi cuaca cerah dari 31°C hingga 34 ^{o}C, sedangkan temperatur udara dalam kubah kaca cenderung konstan pada temperatur 47 ^{o}C, hal inimenunjukkan efek penggunaan kubah kaca yang mampu mempertahankan temperatur udara dalam kubah yang tidak terpengaruh terhadap udara lingkungan. Efek panas terhadap penggunaan kubah kaca tersebut dimanfaatkan untuk memanaskan TEG pada sisi panasnya.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu pengujian terhadap temperatur TEG

Gambar 7 menunjukkan perubahan temperatur TEG pada sisi panas dan sisi dinginnya terhadap waktu pengujian sepanjang hari. Untuk mendapatkan nilai tegangan TEG maka harus terjadi selisih temperatur antara TEG sisi panas dan sisi dingin. Temperatur TEG pada sisi panas cenderung konstan 35°C - 37 ^{o}C tergantung intensitas radiasi matahari sepanjang hari, sedang temperatur TEG sisi dingin juga cenderung konstan pada temperatur 29°C. Selisih temperatur tertinggi pada 7.5^{o}C pada waktu pengujian jam 12.10 wita.



Gambar 9. Grafik hubungan selisih temperatur TEG terhadap arus dan tegangan TEG

Berdasarkan gambar 9 tentang grafik hubungan tegangan output TEG (V) terhadap selisih temperatur (ΔT) dari pukul 09:20 WITA sampai pukul 15:00 WITA, menunjukkan bahwa nilai tegangan output berfluktuasi tergantung dari nilai selisih temperatur (ΔT). Nilai tertinggi tegangan output sebesar 0,466 V pada pukul 12:55 WITA dengan nilai selisih temperatur 8,9 ^{o}C. Sedangkan nilai terendah tegangan output sebesar 0,205 V pada pukul 14:50 WITA dengan nilai selisih temperatur 5,8 ^{o}C. Selama pengujian dari pukul 09:20 WITA sampai 15:00 WITA diperoleh nilai rata-rata selisih temperatur (ΔT) 7,4 ^{o}C dan nilai rata-rata tegangan output (V) 0,368 V. Hubungan arus (I) terhadap selisih temperatur TEG dari pukul 09:20 WITA sampai pukul 15:00 WITA, menunjukkan bahwa nilai arus berfluktuasi dan cenderung linier terhadap peningkatan selisih temperatur TEG. Nilai tertinggi arus sebesar 20 mA dengan tegangan 0.113 V dan nilai terendah arus sebesar 8 mA dengan tegangan 0.040 V.

4. KESIMPULAN

1) Uji coba TEG tanpa menggunakan kubah kaca menunjukkan bahwa TEG sumber panas matahari untuk pengujian TEG 1 modul sampai dengan 6 modul, beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin yang dihasilkan rata-rata 7.36 ^{o}C dengan tingkat intensitas radiasi matahari berkisar 1000 – 1200 W/m^2 dengan tegangan keluaran TEG rata-rata 965.95 mV.
2) Temperatur udara rata-rata didalam kubah kaca yang merupakan sumber panas untuk sisi panas TEG mencapai 47.8 ^{o}C dan temperatur udara lingkungan 32.3 ^{o}C, hal ini menunjukkan adanya peningkatan temperatur yang signifikan didalam ruang kubah kaca.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Malathi D, Sabitha. (2018). *Battery less thermo electric energy harvesting generator for implantable medical electronic device*. Biomedical Research 2018; Special Issue: S150-S155 ISSN 0970-938X www.biomedres.info

[2] Ning Zhua,Takeru Matsuurab,Ryutaro Suzuki b and Takashi Tsuchiyaa. (2014). *Development of a Small Solar Power Generation System based on Thermoelectric Generator*. Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies, Energy Procedia 52 (2014) 651 – 658.

[3] Ramadan Kazuz. (2015). *The Optimal Flat Panel Solar Thermoelectric Geometries For Heat And Electric Power Production*. European Scientific Journal September 2015 edition vol.11, No.27 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431

[4] Ahmad Zuhairdi Noh, Mohd Nazari Abu Bakar. (2018). Experimental Study On Performance Of Solar Thermoelectric Generator With A Dome-Shaped Glass Cover. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, ISSN(p): 2321 –8991, ISSN(e): 2321 –9009 Vol-6, Iss-3, Spl. Issue-2 Sep.-2018, http://iraj.in

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Direktur PNUP, Pembantu Direktur I, Kajur Teknik Mesin dan Ka.UPPM PNUP, atas dana DIPA PNUP sehingga capaian hasil penelitian dapat terlaksana dengan baik.

PENGARUH SOLUTION TREATMENT DAN ARTIFIAL AGING TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ALUMINIUM A383

Ahmad Zubair Sultan[1)]dan Nur Hamzah[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanis dan struktur mikro paduan aluminiun A383. Metode penelitian meliputi bahan, alat dan proses yang dilakukan selama penelitian. Adapun material atau bahan yang diuji adalah paduan aluminium A383 berbentuk blok silinder, yang nantinya akan dibentuk specimen uji dengan ukuran 10 x 10 x 20 mm. Perlakuan panas dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap pertama, perlakuan panas spesimen dikenai perlakuan panas pelarutan (solution heat treatment) 550°C dengan waktu tahan 2 jam kemudian di quenching media air. Selanjutnya pada tahap kedua, specimen dituakan dengan penuaan buatan (artificial aging) pada temperature 100, 150 dan 200°C dengan waktu tahan 0.5, 1 dan 1,5 jam. Adapun pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, uji kekerasan Brinnel dan uji struktur mikro. Dari hasil pengujian diketahui bahwa Paduan Aluminium Silikon dapat dikeraskan dengan terlebih dahulu diadakan pelakuan pelarutan (solution treatment), pencelupan didalam air (quenching) dan penuaan buatan (artificial aging). Kekerasan maksimum dicapai dengan temperatur penuaan paling tinggi (200°C) serta waktu penahanan paling rendah (30 menit).

Keywords*: solution treatment, microstructure A383*

1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan teknologi yang semakin canggih membuat beragam fasilitas berupa alat maupun komponen industri semakin berkualitas, demi mempermudah berbagai macam kegiatan manusia sebagai pengguna teknologi tersebut. Dalam dunia industri saat ini pemilihan bahan dan proses dalam pembuatan sebuah produk yang diproduksi oleh sebuah perusahaan harus sesuai dengan fungsi dan tujuan diproduksinya produk tersebut. Dengan demikian seorang konsumen akan merasa puas dalam menggunakan produk hasil produksi perusahaan tersebut karena kualitas yang dicapai sesuai.

Ada berbagai jenis material yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan sebuah produk, salah satu material yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah aluminium. Pengaplikasian dari aluminum itu sendiri tidak hanya dalam kebutuhan rumah tangga akan tetapi hingga kepada kebutuhan otomotif maupun kebutuhan pesawat terbang yang selalu dituntut memiliki teknologi yang semakin canggih. Hal ini disebabkan karena logam ini mempunyai beberapa kelebihan, seperti : rasio terhadap beban yang, ringan, tahan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, konduktivitas panas dan listrik tinggi, tidak beracun, memantulkan cahaya, mudah dibentuk dan dimachining dan tidak bersifat magnet.

Aluminium itu sendiri adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat lainnya. Aluminium murni merupakan logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar 200- 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi.

Aluminium dengan densitas 2.7 g/cm3 dengan sekitar sepertiga dari densitas baja (8.83 g/cm3), tembaga (8.93g/cm3) dan kuningan (8.53 g/cm3), mempunyai sifat yang unik, yaitu: ringan, memiliki kekuatan yang dapat ditingkatkan dan tahan terhadap korosi pada berbagai lingkungan, termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan beberapa sistem kimia. Metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan aluminium adalah dengan Pengerasan Regang dan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*). Metode yang lain adalah dengan penambahan unsur-unsur lain ke dalam aluminium, antara lain tembaga, mangan, silisium, magnesium, seng, nikel dan lain-lain. Aluminium dengan penambahan unsur unsur lain ini disebut Aluminium Paduan. Salah satu jenis Aluminium Alloy adalah Paduan Aluminium Silikon (Al-Si).

[1] Korespondensi penulis: Ahmad Zubair Sultan, Telp 081144404141, ahmadzubairsultan@poliupg.ac.id

Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Penambahan unsur paduan terhadap alumunium dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan fisis dan mekanis logam tersebut.

Paduan aluminium pada umumnya tidak dapat di beri perlakuan panas, paduan Al-Si pun demikian, namun penambahan Mg, Cu atau Zn akan memberi respon terhadap perlakuan panas. Pengerasan penuaan pada paduan Al-Mg juga sangat jarang terjadi, kecuali ada kandungan Si dalam jumlah yang relatif banyak barulah dapat dikeraskan dengan aging setelah proses solution heat treatment. Aluminium Silikon A383banyak digunakan pada komponen otomotif, transmisi, pompa oli, rem dan lain-lain karena memiliki kelebihan yaitu memiliki berat yang relati ringan, tahan terhadap korosi, konduktivitas termal tinggi, lunak tapi kuat serta ulet sehingga jarang ditemuan retakan.

Berdasarkan uraian diatas maka proses heat treatment dapat dilakukan pada paduan aluminium tertentu dengan cara tertentu pula untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan konduktivitas termalnya. Pada penelitian ini akan dilakukan perlakuan pelarutan (solution treatment) yang diikuti dengan dengan quenching pada media air dan selanjutnya penuaan (aging hardening) pada material paduan aluminium A383 (paduan Al-Si-Mg). Aging atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah: i) Untuk mengetahui tingkat kekerasan Alumunium Silikon A383 setelah proses solution treament dengan temperatur dan waktu yang bervariasi.ii) Untuk mengetahui tingkat kekerasan dan struktur mikro paduan Alumunium Silikon A383 setelah proses solution treament (dengan temperatur dan waktu konstan) dan aging hardening (dengan temperatur dan waktu bervariasi), dan iii) untuk mengoptimasi kekerasan dan struktur mikro aluminium silikon A383 setelah proses solution treatment dan aging hardening

Ditargetkan keluaran dari kegiatan ini adalah diperolehnya metode perlakuan panas khusus untuk material paduan Aluminium A383, dimana selama ini belum ada metode perlakuan panas yang menjadi acuan untuk memperoleh sifat kekerasan yang optimal. Selain itu persamaan matematis yang diperoleh dari penelitian juga dapat menjadi rujukan untuk melakukan perlakuan panas pada material sejenis. Kontribusi penelitian ini adalah untuk memberikan referensi bagi industri dalam menerapkan perlakuan panas yang sesuai untuk paduan aluminium sejenis sesuai tingkat kekerasan yang diinginkan. Persamaan matematis yang dikembangkan dapat membantu peneliti dan industri untuk memprediksi respon yang sesuai dalam rangka penghematan biaya dan penghematan waktu dalam rangka perlakuan panas paduan aluminium

Target lebih jauh dari penelitian ini adalah memberi solusi ketermesian material paduan aluminium A383 dengan metode High Speed Machining (HSM). Ketermesinan suatu material sangat tergantung dari sifat mekanis material tersebut. Material yang sifat mekanis dan sifat fisikanya kurang menguntungkan (*hard to machining material)* akan sangat merugikan dalam proses pemesinan. Sifat mekanis dan sifat fisika ini dapat diubah melalui berbagai proses perlakuan panas (pengerasan atau pelunakan).

.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pembuatan Spesimen Uji

Gambar 1. Aluminium silicon A383

Spesimen uji diperoleh dari pasaran dan akan dilakukan karakterisasi melalui pengujian laboratium untuk mengetahui komposisi kimia material yang dibeli dan dicocokkan dengan komposisi kimia material standard A383. Spesimen uji dibuat dalam ukuran 10 x 10 x 20 mm. Sampel akan disediakan sebanyak 12,

yaitu 11 sampel sesuai metode *central composite design* (CCD) dari design experiment yang sudah dirancang serta 1 sampel referensi tanpa perlakuan.

Proses heat treatment dilakukan dengan memvariasikan temperatur (100°C, 155°C dan 200°C) serta waktu tahan yang bervariasi yaitu 2, 4 dan 5 jam pada 11 benda uji. Variasi temperatur aging dan waktu tahan seperti dalam Table 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian

No	Aging Temperature (C)	Holding Time (minutes)
1	100	150
2	150	90
3	100	30
4	200	90
5	150	90
6	150	90
7	200	30
8	150	150
9	100	90
10	200	150
11	150	30

2.2 Tahap Perlakuan Panas Pelarutan

Tahap pertama dalam proses age hardening yaitu solution heat treatment atau perlakuan panas pelarutan. Solution heat treatment yaitu pemasan logam aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 550°C-560°C dan dilakukan penahanan atau holding sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja [1] (Schonmetz, 1990). pada tahap solution heat treatment terjadi pelarutan fasa-fasa yang ada, menjadi larutan padat. Tujuan dari solution heat treatment itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen. Proses solution heat treatment dapat dijelaskan dimana logam paduan alumunium pertama kali dipanaskan dalam dapur pemanas hingga mencapai temperatur T1. Pada temperatur T1 fase logam paduan alumunium akan berupa kristal campuran αdalam larutan padat. Pada temperatur T1 tsb. pemanasan ditahan beberapa saat agar didapat larutan padat yang mendekati homogeny.

Treatment solution dilakukan dengan parameter proses berupa temperature pemanasan 550°C dengan holding time selama 2 jam. Tungku furnace yang terdapat di laboratorium mekanik Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, digunakan untuk memberikan perlakuan panas pada Aluminium silikon A383.

2.3 Tahap Pengejutan Pendinginan (Quenching)

Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Pendingin dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (505°C) ke temperaturyang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan quenching adalah agar larutan padat homogen yang terbentuk pada solution heat treatment dan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (Super Saturated Solid Solution) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang. Pada proses quenching tidak hanya menyebabkan atom terlarut tetap ada dalam larutan, namun juga menyebabkan jumlah kekosongan atom tetap besar. Adanya kekosongan atom dalam jumlah besar dapat membantu proses difusi atom pada temperatur ruang untuk membentuk Zona-Guinier-Preston (Zona GP). Zona Guinier-Preston (Zona GP) adalah kondisi didalam paduan dimana terdapat agregasi atom padat atau pengelompokan atom padat [2].

2.4 Tahap Pengejutan Pendinginan (Quenching)

Setelah solution heat treatment dan quenching tahap selanjutnya dalam proses age hardening adalah aging atau penuaan. Penuaan buatan dilakukan pada temperature yang bervariasi yaitu 100, 150 dan 200 dengan holding time yang juga bervariasi yaitu 0.5, 1 dan 1.5 jam. Tungku yang sama dengan proses

solution treatment akan digunakan dengan setting temperature yang sesuai. Penuaan buatan (artifical aging) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di age hardening dalam keadaan panas. Artifical aging berlangsung pada temperatur antara $100^{O}C$ - $200^{O}C$ dan dengan lamanya waktu penahanan antara 1 sampai 24 jam [1].

Pada tahap artificial aging dalam proses age hardening dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses age hardening. Salah satu variasi tersebut adalah variasi temperatur artificial aging. Temperatur artificial aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan alumunium ($150^{O}C$), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan alumunium [1]. Penuaan buatan (artificial aging) berlangsung pada suhu antara $100^{O}C$ – $200^{O}C$.

2.5 Uji Kekerasan

Akan dilakukan dengan alat uji kekerasan yang tersedia di lab Mekanik PNUP. Cara pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh suatu gaya tekan secara statis ke dalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti, yang kemudian dipakai untuk menentukan kekerasan logam yang diuji dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$BHN = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{(D^2 - d^2)}]}$$

dimana :

P = beban yang diberikan (KP atau Kgf)
D = diameter indentor yang digunakan
d = diameter bekas lekukan

Standar dari bola Brinell yaitu mempunyai Ø 10 mm atau 0,3937 in, dengan penyimpangan maksimal 0,005 mm atau 0,0002 in. Selain yang telah distandarkan di atas, terdapat juga bola-bola Brinell dengan diameter lebih kecil (Ø 5 mm, Ø 2,5 mm, Ø 2 mm, Ø 1,25 mm, Ø 1 mm, Ø 0,65 mm) yang juga mempunyai toleransi-toleransi tersendiri. Misalnya, untuk diameter 1 sampai dengan 3 mm adalah lebih kurang 0,0035 mm, antara 3 sampai dengan 6 mm adalah 0,004 mm, dan antara 6 sampai dengan 10 mm adalah 0,005 mm. Penggunaannya bergantung pada gaya tekan P dan jenis logam yang diuji, maka penguji harus dapat memilih diameter bola yang paling sesuai.

2.6 Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro akan dilakukan di Lab Material UNHAS, namun sebelumnya material akan disiapkan terlebih dahulu dengan proses grinding (dengan kertas amplas), polishing (dengan autosol) dan etching (dengan larutan HF) yang akan dilakukan di Lab Makanik PNUP

2.1.7 Alat uji konduktivitas termal

Uji Konduktivitas termal akan dilakukan sebagai tambahan untuk memperoleh informasi terkait penggunaan material ini pada beberapa komponen otomotif dan komponen kelistrikan. Uji konduktivitas termal terdapat di laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, untuk menguji nilai konduktivitas termal spesimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan vriabel terikat, sejumlah percobaan telah dilakukan. Pengaturan percobaan adalah menggunkaan central composites composite design (CCD) dengan total jumlah percobaan sebanyak 11 kali dengan menggunakan 2^2 desain faktorial dengan 3 titik pusat. Hasil percobaan pada diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kekerasan dan Konduktivitas Termal

No	Aging Temperature (C)	Holding Time (minutes)	Hardness HB	Konduktivitas Thermal W/mK
1	100	150	77.6	208.3
2	150	90	79.7	209.7
3	100	30	96.6	212
4	200	90	86.7	241.8
5	150	90	81.6	210
6	150	90	95	209
7	200	30	105.9	208.7
8	150	150	95.2	215.3
9	100	90	93.5	206.9
10	200	150	78.7	219.9
11	150	30	97.8	205.5

3.1.1 Hasil Analisa Varians dan Model Matematika Untuk Respon Kekerasan

Analisa varians (ANOVA) dilakukan untuk menunjukkan pengaruh parameter proses dalam hal ini waktu penahanan dan temperature penuaan terhadap respon berupa kekerasan. Untuk tujuan tersebut digunakan metode respon permukaan (Response Surface Method) dengan central composite design (CCD). Kecocokan model dan hasil analisa ditunjukkan pada table berikut. Hasil menunjukkan bahwa model linier adalah model yang disarankan.

Tabel 3. Statistik kecocokan model untuk kekerasan

Response: Hardness

Sequential Model Sum of Squares

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Mean	83794.25	1	83794.25			
Linear	399.07	2	199.53	3.25	0.0927	Suggested
2FI	16.81	1	16.81	0.25	0.6337	
Quadratic	64.14	2	32.07	0.39	0.6955	
Cubic	188.08	2	94.04	1.27	0.3986	Aliased
Residual	222.13	3	74.04			
Total	89684.49	11	8153.14			

Menurut hasil ANOVA pada Tabel 4, model adalah significant karena Prob > F adalah kurang dari α (0.05) yang mengimplikasikan 95 % derajat kepercayaan (confidence interval). Hasil juga menunjukkan bahwa temperatur penuaan (A) dan waktu tahan (B) adalah faktor signifikan yang mempengaruhi kekerasan. Informasi lain bahwa tidak ada interaksi antara temperatur penuaan dan waktu tahan (A*B). Berikutnya, ketidak cocokan model (lack of fit) adalah tidak signifikan karena nilai Prob > F lebih besar dari α (0.05).

Tabel 4**.** Hasil ANOVA untuk Kekerasan

Response: Hardness

ANOVA for Response Surface Linear Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	399.07	2	199.53	3.25	0.0427 significant
A	2.16	1	2.16	0.035	0.8559
B	396.91	1	396.91	6.46	0.0346
Residual	491.16	8	61.40		
Lack of Fit	352.07	6	58.68	0.84	0.6317 not significant
Pure Error	139.09	2	69.54		
Cor Total	890.23	10			

Std. Dev	7.84	R-Squared	0.4483
Mean	89.85	Adj R-Squared	0.3103
C.V.	8.72	Pred R-Squared	0.0256
PRESS	867.45	Adeq Precision	4.269

Nilai R^2 sebesar 0.4483 menunjukkkan bahwa model adalah dapat diterima. Adequate precision juga memenuhi syarat dimana nilainya harus lebih besar dari 4. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model matematika untuk memperkirakan nilai kekerasan dapat digunakan.

Model matematika yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Hardness = 100.25 + 0.012 \times Aging\ Temp - 0.136 \times Holding\ Time \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Kekerasan optimum diperoleh dengan mengatur ke batas nilai maksimum sesuai respon yang diinginkan. Kriteria penentuan parameter proses dimana temperature dan waktu tahan pada saat penuaan ditetapkan berada diantara nilai teringgi dan terendah (*is in range*) sesuai rancangan percobaan sebelumnya. Kekerasan ditetapkan ke nilai maksimum (maximize) sesuai tujuan perlakuan panas untuk menaikkan kekerasan.

Gambar 1 menunjkkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas solution treatment dengan diikuti penuaan pada temperature aging tertinggi (200 ^{O}C) dengan waktu tahan terendah (0.5 jam). Gambar 2 menunjukkan nilai kekerasan yang diperoleh pada temperature 100°C (Gambar 2a) temperature 150°C (Gambar 2b) dan tempertaur 200°C (Gambar 2c).

3.1.2 Hasil Analisa Varians dan Model Matematika Untuk Respon Konduktivitas Termal

Untuk respon berupa konduktivitas termal, hasil perhitungan statistic diberikan pada table berikut dimana kecocokan model dan hasil analisa ditunjukkan pada table berikut. Hasil menunjukkan bahwa model 2FI (two factor interaction) adalah model yang disarankan.

Tabel 5. Statistik kecocokan model untuk konduktivitas termal

Response: Konduktivitas

Sequential Model Sum of Squares

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Mean	4.894E+005	1	4.894E+005			
Linear	93.62	2	46.81	4.37	0.0523	
2FI	55.50	1	55.50	12.83	0.0089	Suggested
Quadratic	12.67	2	6.34	1.80	0.2577	
Cubic	16.89	2	8.44	35.58	0.0081	Aliased
Residual	0.71	3	0.24			
Total	4.895E+005	11	44502.79			

Menurut hasil ANOVA pada Tabel 6, model adalah significant karena Prob > F adalah kurang dari α (0.05) yang mengimplikasikan 95 % derajat kepercayaan (confidence interval). Hasil juga menunjukkan bahwa temperatur penuaan (A) dan waktu tahan (B) adalah faktor signifikan yang mempengaruhi kekerasan. Informasi lain bahwa tidak ada interaksi antara temperatur penuaan dan waktu tahan (A*B). Berikutnya, ketidak cocokan model (lack of fit) adalah tidak signifikan karena nilai Prob > F lebih besar dari α (0.05).

Tabel 6. Hasil ANOVA untuk Kekerasan

Response: Konduktivitas Termal

ANOVA for Response Surface 2FI Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	149.12	3	49.71	11.49	0.0043	significant
A	*43.74*	*1*	*43.74*	*10.11*	*0.0155*	
B	*49.88*	*1*	*49.88*	*11.53*	*0.0115*	
AB	*55.50*	*1*	*55.50*	*12.83*	*0.0089*	
Residual	30.27	7	4.32			
Lack of Fit	*29.75*	*5*	*5.95*	*22.59*	*0.0529*	*not significant*
Pure Error	*0.53*	*2*	*0.26*			
Cor Total	179.40	10				

Std. Dev.	2.08	R-Squared	0.8313
Mean	210.92	Adj R-Squared	0.7589
C.V.	0.99	Pred R-Squared	0.1856
PRESS	146.11	Adeq Precision	10.539

Nilai R^2 sebesar 0.8313 menunjukkkan bahwa model adalah dapat diterima. Adequate precision juga memenuhi syarat dimana nilainya harus lebih besar dari 4. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model matematika untuk memperkirakan nilai konduktivitas termal dapat digunakan.

Model matematika yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Kond.Termal=215.26-0.056xAging Temp–0.138xHolding Time+(1.24 AgingTemp x Holdimg Time) …... (2)

3.1.3 Optimasi

Optimasi bertujuan untk mencari nilai kekerasan tertinggi berdasarkan temperatur penuaan dan waktu tahan penuaan.

Tabel 7**.** Pengaturan untuk optimasi parameter proses dan respon

Constraints

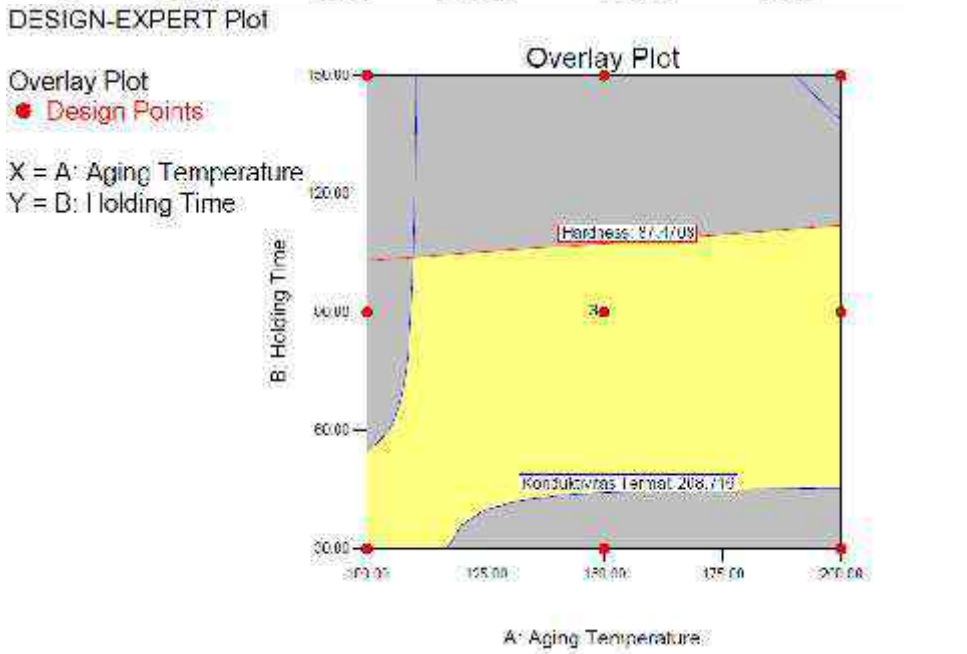
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Aging Temper	is in range	100	200	1	1	3
Holding Time	is in range	30	150	1	1	3
Hardness	maximize	80	105.9	1.09849	1	3
Konduktivitas	maximize	205.5	219.0	1	1	3

Solusi yang diperoleh untuk batasan sebagaimana tersebut diatas diperlihatkan pada Tabel 8. Terdapat 2 solusi yang memberikan nilai kekerasan terbaik yaitu dengan Temperatur penuaan 200°C dan waktu tahan 88 menit atau temperatur penuaan 100°C dengan waktu tahan 30 menit.

Tabel 8. Solusi yang memungkinkan untuk optimasi kekerasan

Solutions

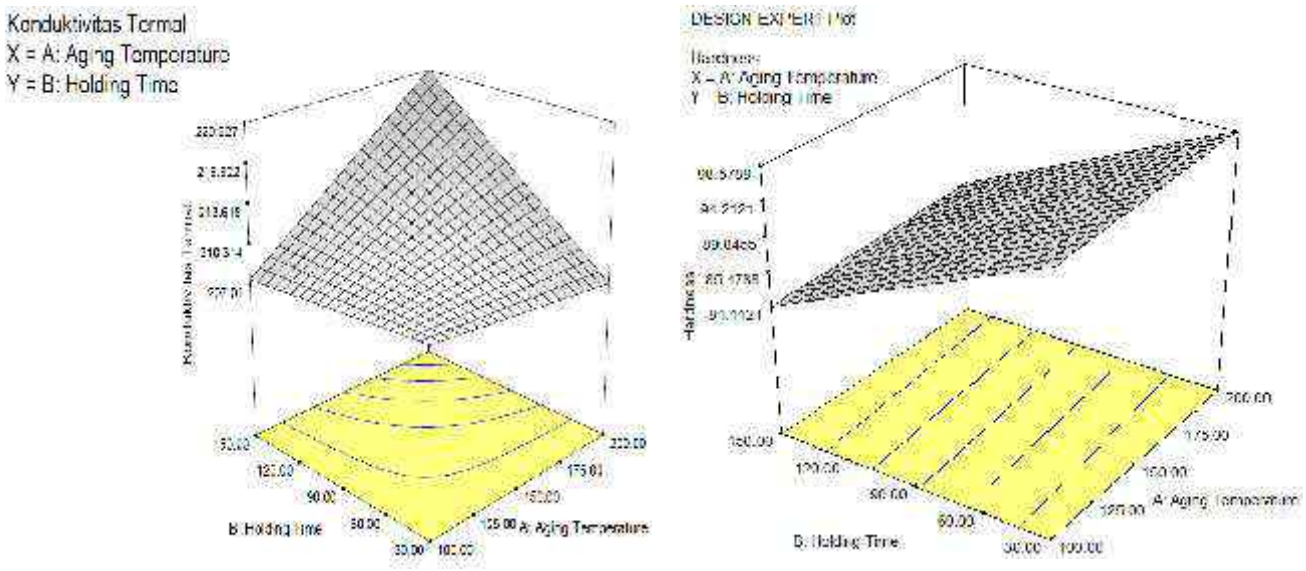
Number	Aging Tempe	Holding Time	Hardness	Konduktivitas	Desirability	
1	200.00	88.12	90.7009	213.411	0.456	Selected
2	100.00	30.00	97.3788	209.06	0.399	



Gambar 1. Daerah kekerasan dan konduktivitas termal optimum

3.2 Pembahasan

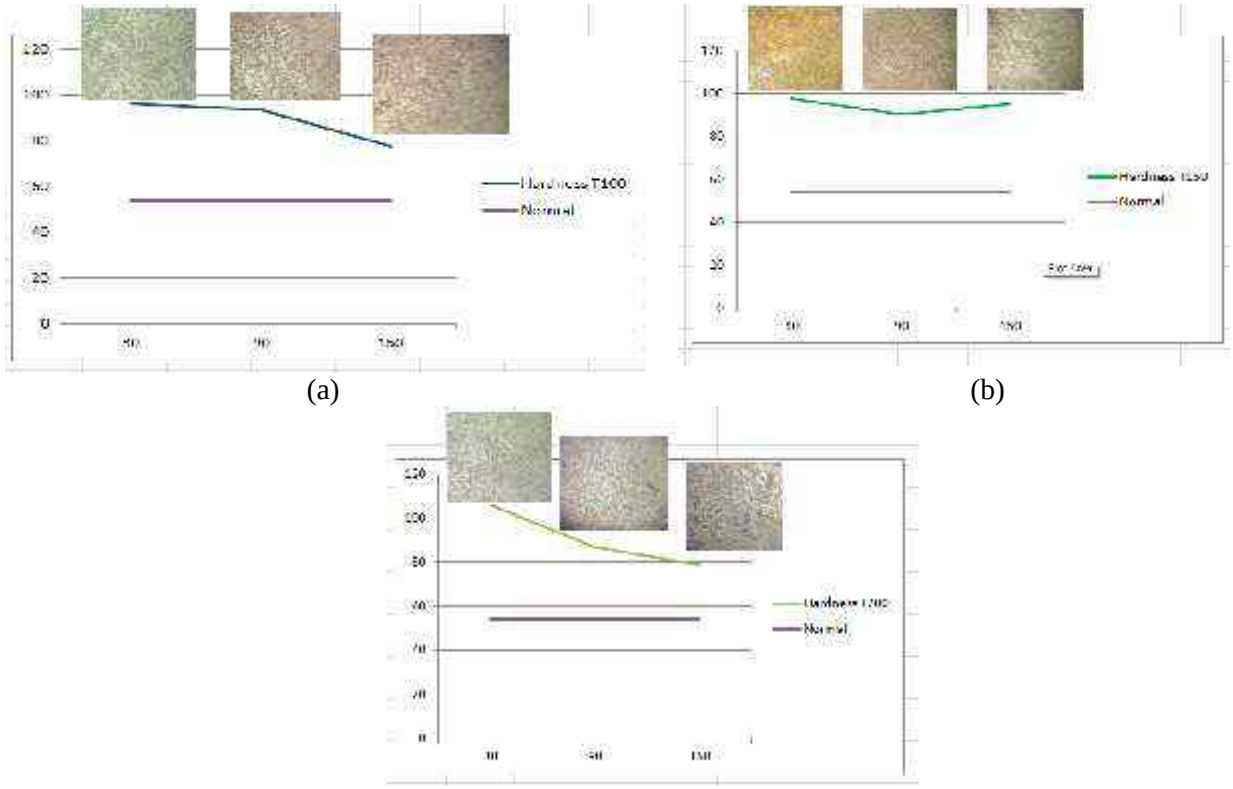
Persamaan yang diperoleh (Persamaan 1) dapat digambarkan melalui grfaik kontur dan grafik permukaan tiga dimensi (Gambar 2a dan 2b) untuk menggambarkan pengaruh temperature dan waktu aging terhadap kekerasan.



(a) (b)

Gambar 2. (a) Grafik 3D Konduktivtas Termal dan (b) Grafik permukaan 3D untuk Kekerasan

Grafik 2(b) menunjkkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh melalui perlakuan panas solution treatment dengan diikuti penuaan pada temperature aging tertinggi (175 – 200) dengan waktu tahan terendah (0.5 jam). Gambar 3 menunjukkan Nilai kekerasan yang diperoleh pada lama waktu penahanan yang berbeda. Struktur mikro masing-masing perlakuan yang berbeda diperlihatkan pada grafik. Pada Gambar 3a diperlihatkan kekerasan dan struktur mikro pada temperature penuaan 100°C. Dari grafik 3a ini terlihat bahwa kekerasan akan turun dengan makin lamanya waktu penahanan.



(a) (b)

(c)

Gambar 3. Kekerasan berdasarkan (a) Temperatur 100 (b) Temperatur 150 dan (c) Temperatur 200

Berdasarkan pengamatan struktur mikro dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada struktur mikro dengan temperatur aging 100°C, terlihat bahwa unsur silicon berbentuk serpihan kecil, tipis, dan pendek. Pada

struktur mikro dengan temperatur aging 150°C, terlihat bahwa unsur silicon masi berbentuk serpihan kecil, agak tebal, dan pendek. Pada struktur mikro dengan temperatur aging 200°C, terlihat semakin jelas bahwa unsur Si berbentuk serpihan lebih besar, tebal, dan rapat. Perubahan temperatur aging dari temperature rendah menuju temperature lebih tinggi menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro, dimana struktur mikro tampak lebih besar dan tebal.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan menganalisa data hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa paduan Aluminium Silikon dapat dikeraskan dengan terlebih dahulu diadakan pelakuan pelarutan (solution treatment), pencelupan didalam air (quenching) dan penuaan buatan (artificial aging). Kekerasan maksimum dicapai dengan temperatur penuaan paling tinggi (200°C) serta waktu penahanan paling rendah (30 menit). Dari hasil optimasi kekerasan terbaik yaitu dengan Temperatur penuaan 200°C dan waktu tahan 88 menit atau temperatur penuaan 100°C dengan waktu tahan 30 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

[2] T. Surdia, Chijiwa K. “Teknik Pengecoran Logam”, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta. (2005).

Nader El-Bagoury; Mohamed Ramadan (2012). Heat Treatment Effect On Microstructure And Mechanical Properties Of Re-Containing Inconel 718 Alloy. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering. pp. 924-930

Nuraini, E; Martoyo; Sigit (1996) Pengaruh Suhu Dan Media Pendingin Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Perlakuan Panas ALMG2. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah. pp 57 – 62.

Prakoso, Catur. (2009) “Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Alumunium Paduan Al,Si,Cu Terhadap Perlakuan Solution Treatment 450°C, Quenching Dengan Air, Dan Aging 150°C”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rahman, A. (2004). Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Al, Mg, Si Pada Material Velg Racing. Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Rasyid, S; Muas M. (2018) Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Adc12 Dengan Teknik Pengecoran Semi Solid (Rheocasting). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNP2M 2018)

Roger, N; Lumley; David Viano; John R; Griffiths; Cameron J. Davidson (2010). The Effect Of Heat Treatment On Tensile, Fatigue And Fracture Resistance Of ADC3, ADC10, And ADC12 Alloys. Proceedings Of The 12th International Conference On Aluminium Alloys, pp. 340-350.

Saputro, Toga Agung; Masyrukan; A. Hariyanto (2014). Analisa Heat Treatment Pada Aluminium Magnesium Silikon (Al – Mg – Si) Dengan Silikon (Si) (1%, 3%, 5%) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Sari. K. (2004). Pengaruh Penambahan Silikon (Si) Dengan Variasi (5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%) Terhadap Karakteristik Age Hardening. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

PENGARUH PENAMBAHAN FLANGE TERHADAP KINERJA DIFFUSER AUGMENTED WIND TURBINE (DAWT)

Yiyin Klistafani[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Research development related to Diffuser Augmented Wind Turbine (DAWT) is very important, in order to optimize renewable energy sourced from wind energy. The purpose of the research conducted to determine the effect of adding flange to increase the performance of DAWT and to find out the optimal angle of the flange. The other aims of the research are discovering the fluid flow phenomenon that occurs in the curved diffuser augmented wind turbine which is equipped with flange. The method used in numerical simulations was Computational Fluid Dynamics (CFD) method. There were three procedures in this numerical research, namely pre-processing stage, solving stage and continued with the post-processing stage. The studies demonstrate that the addition of flange to the curved diffuser has positive impact on improving DAWT performance, because it can produce very significant wind speed increment compared to the curved diffuser without flange. Curved diffuser flange 0° has the best performance. It can increase wind velocity up to 103.76% in the midline axis of diffuser area with maximum wind velocity is 10.19 m/s. Based on visualization results, there is a very large vortex in the downstream area of curved diffuser flange 0° so it can enhanced the suction effect to generate the wind speed quality inside diffuser.

Keywords: *CFD, diffuser, flange, wind turbine*

1. PENDAHULUAN

Potensi energi terbarukan di Indonesia cukup besar dan sangat berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu potensi energi terbarukan yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kebutuhan energi di Indonesia adalah energi angin [1]. Saat ini, pemanfaatan energi angin hanya 1% dari total energi yang digunakan di seluruh dunia. Banyak penelitian menunjukkan bahwa sesungguhnya potensi energi angin sangat besar hingga mencapai 20% [2].

Kecepatan angin di Indonesia berkisar antara 2 - 6 m/s dan dapat menghasikan energi listrik 10 s.d. 100 KW untuk kapasitas kecil. Potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan lebih dari 5 m/s. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional pada 120 lokasi menunjukkan beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/s [3]. Salah satu kendala terbesar dalam pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi alternatif adalah rendahnya kecepatan angin. Seperti yang diketahui bahwa turbin angin biasanya beroperasi pada saat rata-rata kecepatan angin berkisar 8 – 11 m/s [4]. Oleh karena itu pengembangan turbin angin sangat penting untuk dilakukan guna mengatasi permasalahan tersebut.

Salah satu pengembangan dalam inovasi turbin angin adalah konsep *DAWT* (*Diffuser Augmented Wind Turbine*) yang dilengkapi dengan selubung *diffuser* pada rotornya. Penggunaan *diffuser* tersebut dimaksudkan untuk menaikkan kecepatan efektif angin sehingga daya yang dihasilkan oleh turbin angin ikut meningkat. Telah banyak penelitian yang fokus terhadap inovasi turbin angin dalam meningkatkan kecepatan angin yang melaluinya [5-8]. Yadav dan Kumar [9] juga telah melakukan *review* terkait turbin angin berselubung dengan kecepatan angin yang rendah. Sebelumnya, Ohya et al [10] telah melakukan inovasi terhadap *DAWT* dengan menambahkan *flange* pada bagian *outlet diffuser*. Hasil yang didapatkan yaitu *diffuser augmented wind turbine* yang dilengkapi *flange* mampu meningkatkan kecepatan angin lebih besar dibandingkan *DAWT* tanpa flange. Selain itu *output power coefficient* juga mampu meningkat lima kali lebih besar dibandingkan dengan turbin angin konvensional.

Pengembangan penelitian terkait DAWT juga telah dilakukan oleh Klistafani et al [11] dengan memodifikasi geometri *diffuser* menjadi 4 macam, yaitu *flat diffuser, curved diffuser, flat diffuser with inlet shroud, curved diffuser with inlet shroud*. Hasil yang didapatkan yaitu *curved diffuser* merupakan geometri *diffuser* terbaik dalam meningkatkan kecepatan angin hingga 76,99% dengan kecepatan rata-rata angin maksimum 8,85 m/s (kecepatan *freestream* adalah 5 m/s).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka sangat menarik untuk dicermati bahwa desain *diffuser* menjadi salah satu faktor yang menentukan efektifitas penggunaan *Diffuser Augmented Wind Turbine*

[1] Korespondensi penulis: Yiyin Klistafani, Telp 085648965909, yiyin_klistafani@poliupg.ac.id / klistafani@gmail.com

(*DAWT*). Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian terhadap geometri *diffuser* interior lengkung (*curved diffuser*) yang ditambahkan dengan *flange* pada bagian outletnya. Hal ini dilakukan dengan harapan agar vortisitas yang terbentuk pada bagian *downstream diffuser* meningkat dan mampu menaikkan efek hisap pada sisi masukan *diffuser*, sehingga berdampak positif terhadap peningkatan kecepatan angin yang dihasilkan.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan *flange* terhadap peningkatan performa *curved diffuser augmented wind turbine*, mengetahui besar sudut optimal *flange* yang mampu menghasilkan performa terbaik dalam meningkatkan kecepatan angin dan juga untuk mengetahui fenomena aliran fluida yang terjadi di dalam *curved diffuser augmented wind turbine* yang dilengkapi dengan *flange* secara 2D melalui hasil visualisasi *software Ansys Fluent 2019 R1*.

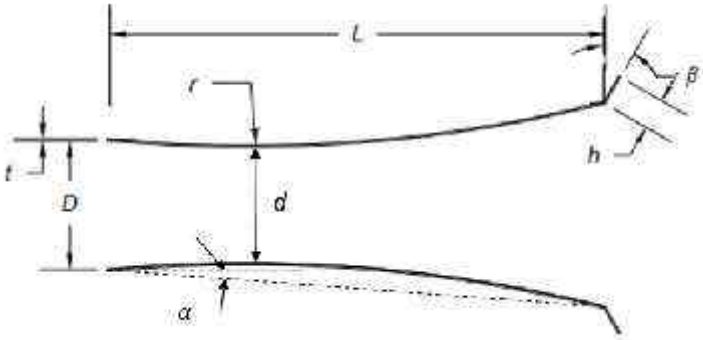
2. METODE PENELITIAN

Analisis pengaruh penambahan *flange* terhadap peningkatan kinerja *Diffuser Augmented Wind Turbine* (*DAWT*) merupakan Studi Numerik yang dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (*CFD*) dengan *software Ansys Fluent 2019 R1*. Prosedur yang dilakukan pada penelitian numerik adalah tahap *pre-processing*, tahap *solving* dan dilanjutkan dengan tahap *post-processing.*

Tahap awal yang dilakukan adalah menetapkan dan mendesain geometri *diffuser* berupa *curved diffuser* yang kemudian ditambahkan *flange* pada bagian *outlet diffuser*. Desain geometri dikerjakan dengan menggunakan *software Ansys Workbench 2019 R1*. Dimensi *curved diffuser* yang digunakan (tabel 1) mengacu pada penelitian sebelumnya [11], dimana *curved diffuser* merupakan bentuk geometri yang mampu memberikan peningkatan performa terbaik bagi *DAWT* dibandingkan dengan *flat diffuser*. Selanjutnya Sudut *flange* didesain dan divariasikan sebagai berikut: 0°, 30°, 60° dan 90°. Panjang *flange* (*h*) yang digunakan yaitu 0.2 m merujuk pada penelitian terdahulu [5, 8]. Contoh desain *curved diffuser* yang dilengkapi dengan *flange* dengan beberapa sudut tertentu dapat dilihat pada gambar 1.

Tabel 1. Dimensi Geometri *Diffuser* 2D

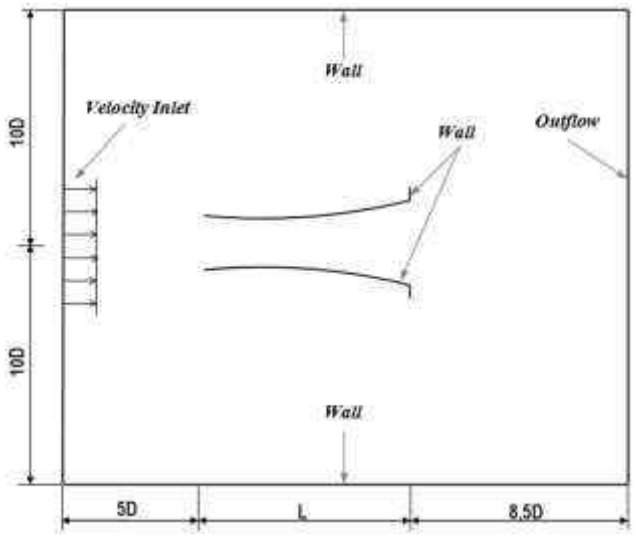
Spesifikasi	**Dimesi**
Diameter inlet (*D*)	0,40 m
Panjang *diffuser* (*L*)	3,08 m
Tebal *diffuser* (*t*)	0,0125 m
Sudut bukaan *diffuser* (*α*)	4°
Jari-jari kelengkungan (*r*)	10 m
Diameter terkecil *diffuser* (*d*)	0,339 m
Panjang *flange* (*h*)	0,2 m
Sudut *flange* (*β*)	0°, 30°, 60°, 90°



Gambar 1. Desain *Curved Diffuser* yang dilengkapi dengan *flange* 30°

Kondisi batas komputasi dapat dilihat pada Gambar 2. Kecepatan aliran angin yang di *set-up* sebesar 5 m/s pada lokasi *inlet* dengan *boundary condition* adalah *velocity inlet*. Sedangkn *boundary condition* untuk

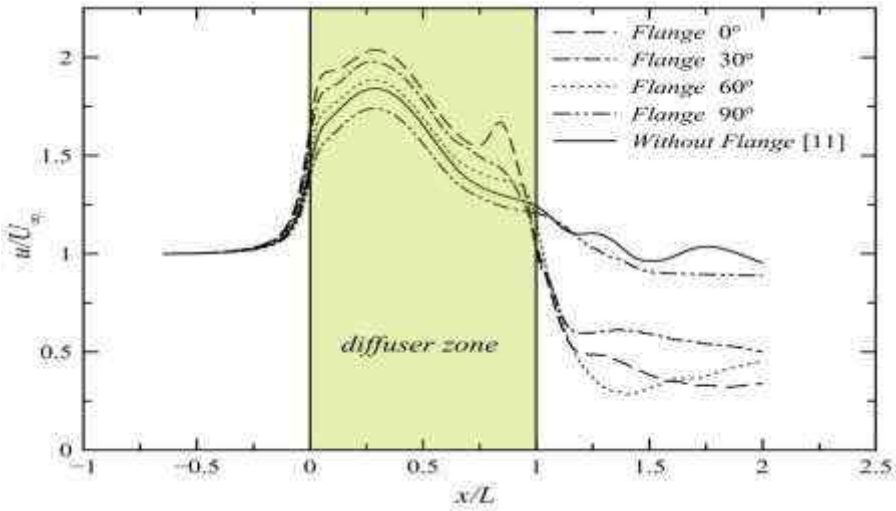
outlet adalah *outflow*. Aliran fluida diasumsikan *steady* dan *incompressible*. *Turbulance model* yang digunakan adalah *SST k-ω* merujuk Menter [12]. Model turbulensi tersebut sangat bagus dalam memprediksi aliran pada daerah dengan *adverse pressure gradient* yang besar seperti yang didemonstrasikan oleh Hu and Wang [13] dan Jost et al. [14]. *Pressure velocity coupling* menggunakan metode SIMPLE dan semua variabel diselesaikan menggunakan *second order discretization*. Komputasi dilakukan hingga 1000 iterasi, dimana konvergensi tercapai ketika *residual momentum* mencapai 10^{-6}.



Gambar 2. Kondisi batas (*Boundary Condition*) simulasi *curved diffuser* yang dilengkapi dengan *flange 0°*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi *streamwise velocity*, u/U_∞, disepanjang midline axis untuk seluruh geometri *diffuser* dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat pada Gambar 3 bahwa *curved diffuser* dengan penambahan *flange* mampu memberikan peningkatan kecepatan angin secara signifikan pada *diffuser zone* dibandingkan *curved diffuser* tanpa *flange*, khususnya pada *flange* dengan sudut 0°, 30°, dan 60°. Sedangkan penambahan *flange* dengan sudut 90°, justru membuat peningkatan kecepatan angin lebih rendah dibandingkan performa *diffuser* tanpa *flange*. Penambahan *flange* dengan sudut 0° dapat memberikan performa terbaik yaitu dengan menghasilkan peningkatan kecepatan angin paling tinggi dibandingkan sudut *flange* yang lain. Berdasarkan gambar 3 diperoleh hasil bahwa semakin besar sudut *flange* pada *diffuser* maka tidak memberikan peningkatan kecepatan angin yang lebih baik.



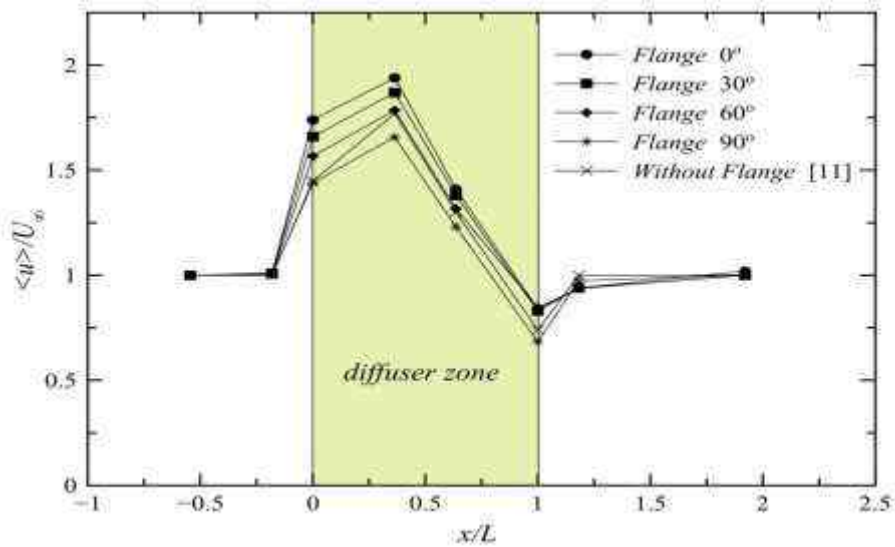
Gambar 3. Distribusi *streamwise velocity* pada *midline axis*

Pada *entrance section* (*x/L* = 0) dapat dilihat bahwa *curved diffuser dengan* sudut *flange* 0° memiliki kecepatan angin 8,20 *m/s.* Namun kecepatan angin maksimum terjadi sesaat setelah melalui *entrance section* yaitu pada *section x/L* = 0,28, dengan kecepatan angin mencapai 10,19 *m/s* atau mengalami peningkatan sebesar 103,76% dari kecepatan *freestream* (5 *m/s*). Hal menarik yang perlu dicermati adalah penambahan *flange* pada *curved diffuser* tidak selalu memberikan peningkatan performa *DAWT*. Seperti yang terlihat pada tabel 2, bahwa penambahan *flange* dengan sudut 80° dan 90° justru menghasilkan peningkatan kecepatan angin lebih rendah dibandingkan *curved diffuser* tanpa *flange*. Oleh karena itu penambahan *flange* memang mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan performa *DAWT* namun dengan tetap memperhitungkan besar sudut *flange*.

Tabel 2. Kecepatan angin pada *midline axis* untuk *curved diffuser* dengan dan tanpa *flange*

Nilai	***Curved Diffuser with flange***				***Curved Diffuser without Flange* [11]**
	0°	**30°**	**60°**	**90°**	
Kecepatan angin di sisi *entrance*, *x/L* = 0 (*m/s*)	8.20	7.88	7.49	6.92	7.20
Kecepatan maksimum angin (*m/s*)	10.19	9.90	9.42	8.70	9.21
Peningkatan kecepatan (*%*)	103.76	97.94	88.41	74.03	84.18

Kecepatan angin pada *midline axis* (Gambar 3 dan Tabel 2) tentunya tidak mampu mewakili kondisi kecepatan rata-rata angin pada setiap *section* (*x/L*) di dalam diffuser. Hal ini dikarenakan setiap *section* memiliki variasi nilai kecepatan angin, dimana kecepatan maksimum tidak selalu berada pada *midline axis diffuser*. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis peningkatan kecepatan rata-rata angin di setiap *section*, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.

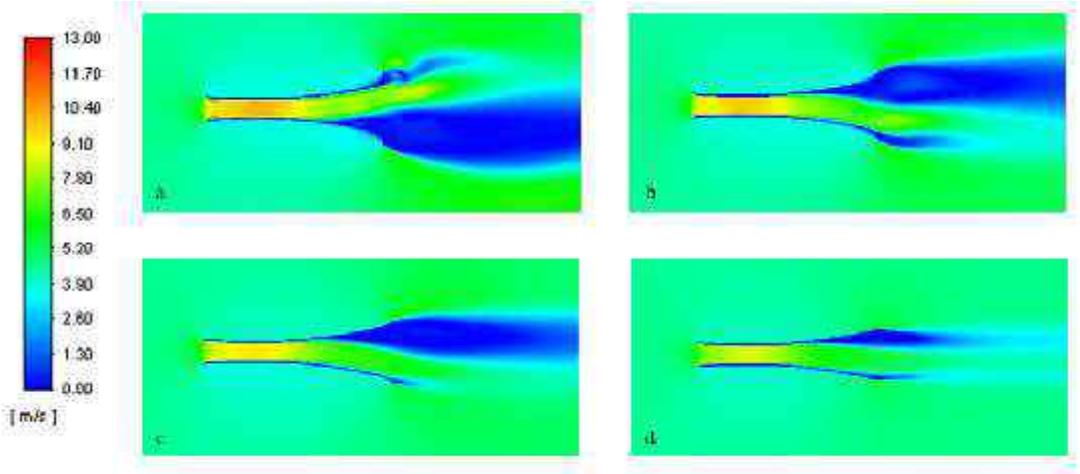


Gambar 4. Distribusi kecepatan rata-rata angin di setiap *section*

Senada dengan hasil analisis sebelumnya yaitu *diffuser* dengan *flange* 0° memang memiliki performa terbaik dibandingkan dengan *diffuser* dengan sudut *flange* lainnya maupun *diffuser* tanpa *flange*. Berdasarkan gambar 3, kecepatan rata-rata angin tertinggi yang dihasilkan oleh *diffuser* dengan sudut *flange* 0° yaitu

sebesar 9,7 *m/s* dengan nilai peningkatan kecepatan angin sebesar 93,96%. Peningkatan kecepatan rata-rata angin tertinggi yang dihasilkan tersebut terjadi di dalam *diffuser zone* yaitu pada *section x/L* = 0,36.

Kemampuan *curved diffuser* dalam meningkatkan performa DAWT telah dibahas oleh klistafani et al.[11] yaitu karena adanya efek hisap yang ditimbulkan akibat adanya *vortex* pada *downstream zone* mampu memberikan dampak positif terhadap kualitas kecepatan angin di dalam *diffuser*. Pada penelitian ini penambahan *flange* rupanya mampu lebih meningkatkan kualitas kecepatan angin yang masuk ke dalam *diffuser*. Hal tersebut tidak lepas dari peran *flange* dalam memberbesar vortisiti aliran pada daerah *downstream*, sehingga efek hisap angin yang masuk ke dalam *diffuser* lebih kuat dibandingkan *diffuser* tanpa *flange*. Hasil visualisasi kontur kecepatan untuk keempat *curved diffuser* dengan sudut *flange* yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5. *Curved diffuser* dengan *flange* 0° memiliki vortisiti aliran yang sangat besar (ditandai dengan warna biru) pada daerah *downstream* dibandingkan *curved diffuser* dengan sudut *flange* lainnya. Efek hisap yang kuat inilah yang mengakibatkan nilai kecepatan angin yang masuk di dalam *diffuser* (pada *entrance region*) meningkat (warna jingga).



Gambar 5. Kontur kecepatan pada *curved diffuser* dengan sudut *flange*:

a. 0°; b. 30°; c. 60°; d. 90°

4. KESIMPULAN

Simulasi numerik telah dilakukan pada *curved diffuser* dengan sudut *flange* 0°, 30°, 60° dan 90° untuk diaplikasikan pada *Diffuser Augmented Wind Turbine* (*DAWT*). Beberapa kesimpulan utama yang didapatkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1) Penambahan *flange* pada *curved diffuser* mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan performa *DAWT* karena dapat menghasilkan peningkatan angin yang sangat signifikan dibandingkan *curved diffuser* tanpa *flange*, namun dengan tetap memperhitungkan besar sudut *flange*.
2) *Curved diffuser flange* 0° memiliki performa paling bagus karena mampu meningkatkan kecepatan angin hingga mencapai 103,76% pada daerah *midline axis diffuser* dengan nilai kecepatan angin maksimal yaitu 10,19 m/s.
3) *Curved diffuser flange* 0° juga mampu meningkatkan kecepatan rata-rata angin sebesar 103,76% pada *section x/L* = 0,36 dengan nilai kecepatan rata-rata angin maksimal yaitu 9,7 m/s.
4) *Curved diffuser flange* 0° memiliki vortex yang sangat besar pada daerah *downstream* dibandingkan *curved diffuser* dengan sudut *flange* lainnya. Sehingga efek hisap yang kuat akibat vortisiti aliran tersebut mampu meningkatkan kualitas kecepatan angin yang masuk di dalam *diffuser*.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Irawan, “Analisis dan Simulasi Penggunaan Diffuser pada Turbin Angin Daerah Pemukiman dengan Berbagai Variasi Geometri,” Skripsi, Teknik Mesin, Univesitas Indonesia, 2012.
[2] A.Y. Qasim, R. Usubamatov, Z.M. Zain, G. A. Quadir, “The Parameters Affect Coefficient Vertical Axis Wind Turbine,” IIUM Engineering Journal, 13 (1), pp. 59-66, 2012.
[3] LIPI, “Pengembangan Energi Angin Memungkinkan,” dalam kompas 23 April, 2007.

[4] G. Bangga, T. Lutz, E. Jost, E. Krämer, "CFD studies on rotational augmentation at the inboard sections of a 10 MW wind turbine rotor," Journal of Renewable and Sustainable Energy, vol. 9, no. 2, 023304, 2017.
[5] T.S. Kannan, S. A. Mutasher, Y.H.K. Lau, "Design and Flow Velocity Simulation of Diffuser Augmented Wind Turbine Using CFD," Journal of Engineering Science and Technology, vol. 8, no. 4, pp. 372-384, 2013.
[6] M. Lipian, M. Karczewski, K. Olasek, "Sensitivity Study of Diffuser Angle and Brim Height Parameters for The Design of 3kW Diffuser Augmented Wind Turbine," Open Engineering, vol. 5, pp. 280-286, 2015.
[7] M. Lipian, M. Karczewski, J. Molinski, K. Jozwik, "Numerical simulation methodologies for design and development of Diffuser-Augmented Wind Turbines – analysis and comparison," Open Engineering, vol. 6, pp. 235-240, 2016.
[8] T. A. Khamlaj, M.P. Rumpfkeil, "Analysis and Optimization of Ducted Wind Turbines," Energy, 2018.
[9] A.K. Yadav, D. Kumar, "Review of a Shrouded Wind Turbine for Low Wind Speeds," International Digital Library of Technology & Research, vo. 1, issue 5, 2017.
[10] Y. Ohya, T. Karasudani, A. Sakurai, K. Abe, M. Inoue, "Development of a Shrouded Wind Turbine with Flanged Diffuser," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96, pp. 524-539, 2008.
[11] Y. Klistafani, M.I. Mukshen, G. Bangga, "Assessment of Various Diffuser Structures to Improve the Power Production of a Wind Turbine Rotor," Technische Mechanik, vol. 38, issue 3, pp. 256-266, 2018.
[12] F.R. Menter, "Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications," AIAA Journal, vol. 32, no. 8, pp. 1598-1605, 1994.
[13] J. Hu, W. Wang, "Upgrading a shrouded wind turbine with a self adaptive flanged diffuser," Energies, vol. 8, pp. 5319-5337, 2015.
[14] E. Jost, A. Fischer, G. Bangga, T. Lutz, E. Krämer, "An investigation of unsteady 3-D effects on trailing edge flaps", Wind Energy Science, vol. 2, no.1, pp. 241-256, 2017.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada unit Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan hibah dana PNBP/DIPA 2019 Politeknik Negeri Ujung Pandang kepada penulis sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan diselesaikan dengan baik.

RANCANG BANGUN MESIN CNC ROUTER MINI UNTUK PEMBELAJARAN MAHASISWA JURUSAN TEKNIK MESIN

Abdul Salam[1)] Muhammad Iswar [1)] Muhammad Rifaldi [2)] Sumantri Malik [2)] Kurniawan Putra [2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This study aims to streamline time and improve the accuracy of the manufacture of engraved contour products on workpieces such as soft metals, acrylics, and wood. The Mini CNC Router machine this research output will be used as one of the practicum jobs for the NC Basic Programming Practice course. The design method used is experimental applied research in the form of design and drawing for the laboratory with its dimensions of 60 x 60 cm. Furthermore, the calculation and selection of materials, the manufacture of machine components and the use of Mach3mill software as a basic programming language to convert motion to tools. Testing the performance of the engine in the three-axis movement mode, namely, manual mode, MDI, and automatic third axis X, Y, and Z using the NC program. The results obtained show the accuracy and precision of the three X, Y and Z axis trajectories according to the permissible tolerance values, namely 0.01 mm, 0.01 mm and 0.05 mm, respectively. The suitability of the program made and the machining results on the contour of the workpiece engraving do not show significant deviations, respectively 0.1 mm for the X and Y axis, and 0.3 mm for the Z axis.

Key Words: *Mini CNC Router Machine, X, Y, Z Coordinate, Mach3mill*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan dan kebutuhan mesin CNC Training Unit 3 Axis di Indonesia saat ini mengalami peningkatan khususnya untuk praktikum di sekolah-sekolah kejuruan dan perguruan tinggi teknik di Indonesia (Pramono, 2015). Meskipun kebutuhan mesin CNC meningkat, namun harga mesin CNC Training Unit di pasaran masih cukup tinggi yakni berkisar 100-500 jutaan dan hanya memiliki luas area kerja yang kecil (30 cm x 30 cm). Kisaran harga tersebut tentu saja cukup mahal sehingga tidak dapat dijangkau oleh sekolah-sekolah kejuruan dan lingkungan kampus. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan melakukan pembuatan mesin CNC yang lebih ekonomis dengan fungsi dan ketelitian yang sama.

Mesin CNC Router merupakan penggabungan teknologi CNC (*Computer Numerical Control*) dan router, cutter yang mampu memotong bentuk-bentuk lembaran kayu atau material lunak lainnya yang memiliki bentuk rumit dan membutuhkan ketelitian dalam pemakanan. Gabungan ini membentuk sebuah mesin pemotong yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan mesin router untuk memotong berbagai bahan seperti kayu, komposit, aluminium, baja lunak, plastik, kaca akrilik, dan busa dengan mengadopsi teknologi CNC. Pergerakan pemotongan dan lintasan cutter untuk sumbu X, Y, dan Z berasal dari program komputer berdasarkan gambar ataupun desain kontur lintasan yang telah dibuat.

Pembelajaran mata kuliah teori dan praktik Pemrograman CNC merupakan mata kuliah kompetensi di Jurusan Teknik Mesin. Oleh karena itu, mahasiswa harus menguasai dan terampil menggunakan mesin CNC sesuai dengan kebutuhan industri dan mengadopsi dengan cepat perkembangan penggunaan mesin-mesin CNC secara luas, termasuk mesin-mesin perkakas berbasis pengontrolan CNC seperti halnya mesin CNC Router, Mesin CNC Laser Cutting dan lain-lain.

Mesin-mesin CNC yang ada di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang sudah memasuki masa pakai yang lama (sekitar 25 tahun), sebagian besar sudah tidak berfungsi dan tidak optimal, memerlukan peremajaan atau penggantian. Keterbatasan dana anggaran mengharuskan adanya kreativitas dan usaha serius untuk "*meretrovit*" mesin-mesin CNC yang ada termasuk merancangbangun mesin CNC Router Mini dan Mesin CNC Laser Cutting Mini agar kompetensi mahasiswa tetap dapat dicapai sesuai tuntutan kurikulum KKNI. Keberadaan mesin hasil penelitian ini sangat membantu mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dalam meningkatkan keterampilan mereka, khususnya pada praktikum pemrograman mesin CNC di Prodi D-4 Teknik Manufaktur, D-4 Teknik Mekatronika, dan Prodi D-3 Teknik Mesin.

Mesin CNC Router saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usah kecil menengah seperti usaha mebel dan interior

[1] Korespondensi penulis: Abdul Salam, Telp 081342776778, abdsalam@poliupg.ac.id

rumah. Sementara untuk merancangbangun mesin CNC Router untuk skala Lab. dan industri kecil saat ini relatif sudah lebih mudah dilakukan mengingat perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan komponen-komponen standar dan komponen pendukung serta *software* pendukung yang dapat dibeli dengan lebih murah (*free version*) karena kapasitasnya yang dibatasi untuk penggunaan program 500 baris, sedangkan untuk soaftware *commercial version* yang digunakan untuk industri penggunaan program bisa sampai 10.000.000 baris program. Adanya pengembangan inovasi dibidang otomasi khususnya mesin CNC di dunia industri memberikan dampak yang sangat baik. Ini disebabkan karena peralatan pemesinan konvensional yang hanya dapat dilakukan secara manual, dapat dilakukan secara otomatis dengan adanya mesin CNC.

Pada umumnya dalam pengerjaan pemesinan, dibutuhkan pengerjaan yang lebih cepat, kualitas yang lebih baik namun dengan biaya pengerjaan yang lebih rendah. Hal ini menjadi daya tarik para konsumen industri untuk menggunakan mesin CNC dibandingkan dengan menggunakan mesin konvensional. Dengan adanya kelebihan dalam segi produktivitas akan menjadi daya saing tersendiri bagi industri yang menggunakan mesin CNC itu sendiri (Amala, 2014). Perkembangan dari pemesinan secara manual menjadi pemesinan yang menggunakan sistem CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi sebuah kelebihan dalam meningkatkan ketepatan dan pengaturan kecepatan sesuai yang diinginkan. Sebuah mesin dengan proses pemotongan dimaksudkan sebagai sebuah mesin yang melakukan pengurangan dimensi sampai menjadi produk yang diinginkan. Sebagai contoh mesin bubut, mesin gurdi, dan dan mesin sekrap. Mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai suatu mesin perkakas yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer (Salam, 2014).

Penelitian produk terapan unggulan perguruan tinggi ini sangat penting untuk dilaksanakan karena penelitian ini menghasilkan luaran produk inovasi dan pengembangan ipteks, yaitu mesin CNC Router Mini yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa untuk praktikum pemrograman permesinan CNC di Lab. CNC dan juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat industri untuk meningkatkan produktivitas usaha kerajinan mebel atau interior rumah dan lain sebagainya.

Mesin CNC Router adalah mesin yang dilengkapi dengan DSP (*digital signal processing*) dalam memotong atau mengukir bahan. Pengoperasian mesin dapat dilakukan secara otomatis dengan komputer dan manual dengan layar monitor portable. Mesin ini memiliki 3 macam fungsi, yaitu untuk memotong (*cutting*), menggrafir (*engrafing)*, dan memberi tanda/marka (*marking*). Menurut Jundurrahman (2018), walaupun harga c*ontroller mach3* berbanding cukup jauh dengan kinerja PLC pada mesin-mesin pabrikan terkenal, namun keakuratan dan ketepatan mesin CNC Router Mini 3 axis ini dapat bersaing sehingga dapat menunjang proses praktikum pemrograman Mesin CNC yang ada di sekolah-sekolah kejuruan dan di perguruan tinggi teknik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, dari bulan Mei 2019 sampai bulan Juli 2019. Adapun tempat pengerjaan sebagian besar dikerjakan di bengkel produksi CNC dan sebagian lagi dikerjakan di Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Bahan-bahan yang digunakan antara lain besi profil L, profil U, besi plat, besi plat stainless, besi as, baut dan mur, elektroda las, puli dan sabuk pelat gerigi, bantalan, motor penggerak, motor spindle (stepper), linear rail, ballscrew, breakout board, module mesin, software arcsoft mach3, dan kabel *control switch*, baut-mur, serta cat dan kelenkapannya.Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin bubut, mesin potong, mesin gerinda, mesin bor, alat-alat ukur, penyiku, dan kunci pas.

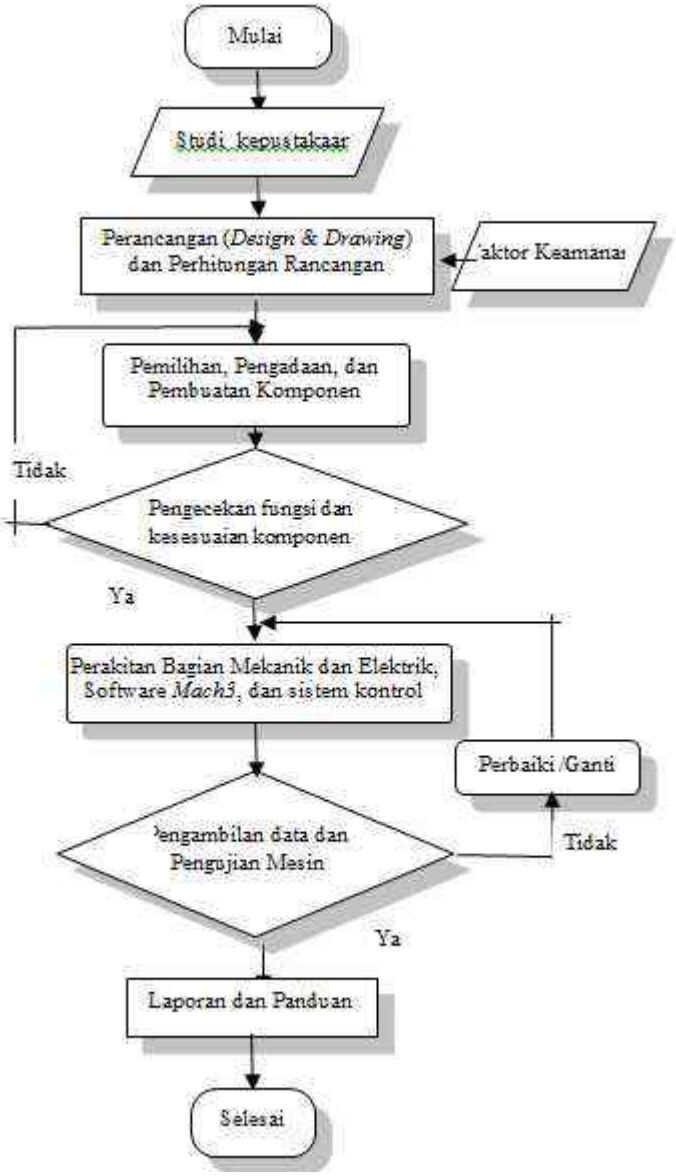
Gambar 1. Desain konstruksi mesin CNC Router

Gambar 2. Tampilan muka *Software artSoft Mach3*

Langkah Kerja Penelitian

Langkah kerja penelitian rancang bangun terbagi atas beberapa tahapan, secara garis besar pada umumnya meliputi Perancangan (*Design & Drawing*), Pembuatan komponen (*manufacturing process*), Proses *Assembly*, dan Pengujian Fungsi Mesin (Sonawan, 2013). Langkah kerja tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Perancangan (*Design & Drawing*)
   Dalam pembuatan produk digunakan dasar gambar desain mesin, dimana perancangan menggunakan software Autodesk Inventor.
2. Proses Manufaktur (*Manufacturing Process*)
   Komponen yang dikerjakan adalah: Meja mesin Router, Braket *motor spindle*, dan Braket *motor axis*. Braket *motor axis* adalah bagian dari komponen mekanik mesin CNC Router yang berfungsi sebagai dudukan motor axis. Komponen ini dibuat dari aluminium balok lalu di proses permesinan menggunakan mesin milling sesuai dengan rancangan.
3. Prosess *Assembly*
   Pada tahap ini dilakukan perakitan komponen yang telah dibuat termasuk penambahan komponen elektrik membentuk sebuah mesin yang komplit.
4. Pengujian Fungsi Mesin
   Pengujian fungsi dilakukan untuk memeriksa apakah semua tombol dan *switch* pada mesin telah berfungsi sesuai dengan fungsinya dan pengujian ukuran mesin dilakukan untuk memeriksa apakah ukuran dan gerakan aktual pada mesin telah sesuai dengan apa yang telah diinput pada program. Hasil kalibrasi pada mesin CNC router 3 axis dilakukan dengan alat bantu *dial indicator* dan *block gauge*, untuk mengetahui sumber kesalahan apa saja yang dapat dideteksi dengan cara kalibrasi sumbu X, Y, dan Z mesin CNC router (Zaynawi, 2018).
   Apabila mesin belum berfungsi dengan baik pada proses pengujian fungsi mesin dan ukuran maka akan dilakukan perbaikan atau pergantian komponen untuk kemudian dirakit kembali, selanjutnya dilakukan kembali pengujian sampai mesin dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 3. Diagram Alir Rancangbangun Mesin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 perancangan Mesin CNC Router

Perancangan mesin CNC Router yang paling utama adalah perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan. Menggunakan motor stepper 200 pulse/rotasi dengan kecepatan pulse masuk 1000 pulsa/detik, maka kecepatan putar motor: $n = 60\frac{pps}{Np}$, diperoleh n = 300 rpm. Untuk menghitung pulse/mm harus diketahui pitch poros ulir, yaitu 1,5 mm, maka pulse/rotasi x = $\frac{200\ pulse/rotasi\ .\ 1\ mm}{1{,}5\ mm}$ = 133,3 pulse/ rotasi. Berdasarkan perhitungan daya motor, berturut-turut diperoleh daya untuk sumbu Y, PY = T x w = 0.09212 x 31,4 = 2,89 watt, untuk sumbu X, PX = 6,615 watt, dan sumbu Z, PZ = 14,77 watt. Karena daya motor stepper yang digunakan 72 Watt, maka kebutuhan daya penggerak mesin aman.

3.2 Pengujian Ukuran dan Kalibrasi mesin

- **Kalibrasi dengan *Software Universal gcode sender***

Software universal gcode sender memiliki pengaturan khusus untuk memastikan perintah jarak yang dimasukkan telah sesuai dengan jarak aktual pada mesin.

Gambar 4. Hasil pembacaan *axis* X, Y, dan Z proses kalibrasi

Tabel.1. Data Hasil kalibrasi dengan *software Mach3mill*

Axis		Pembacaan (mm)	Penyimpangan (mm)
X	Sebelum dikalibrasi	1.10	+0.10
	Setelah dikalibrasi	1	0
Y	Sebelum dikalibrasi	1.18	+0.18
	Setelah dikalibrasi	1	0
Z	Sebelum dikalibrasi	0.46	-0.54
	Setelah dikalibrasi	1	0

Kalibrasi dilakukan dengan menggerakkan axis X, Y dan Z sejauh 1 mm. Penyimpangan pada pergerakan axis X= 0.10 mm, Y= 0.18 mm, dan Z= -0.54 mm. Setelah mesin CNC Router dikalibrasi tidak terdapat penyimpangan pada axis atau penyimpangan sama dengan 0.

) **Pengujian Pergerakan pada Mode MDI (*Manual Data Input*)**

Mode MDI dilakukan untuk mengerakkan *axis* dengan memasukkan program pada *software Mach3mill* secara manual. Pengujian dengan *mode* MDI dilakukan sebanyak lima kali yaitu *axis* digerakkan sejauh 0.01 mm, 0.10 mm, 1.00 mm, 3.00 mm, dan 5.00 mm.

Tabel 2. Data hasil pengujian pergerakan *axis* pada *mode* MDI

Axis		Pengujian				
		1	2	3	4	5
X	*Input* program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan *axis*	0.01	0.10	1.00	3.00	5.01
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	0.00	+0.01
Y	*Input* program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan *axis*	0.01	0.00	1.01	3.00	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	+0.01	0.00	0.00
Z	*Input* program	0.01	0.10	1.00	3.00	5.00
	Nilai pergerakan *axis*	0.01	0.10	1.00	2.99	5.00
	Penyimpangan	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00

Gambar 5. Grafik penyimpangan *axis* X, Y, dan Z pada *mode* MDI

Berdasarkan dari ketiga grafik di atas dapat diketahui bahwa penyimpangan terbesar pada axis X adalah 0.01 mm, pada axis Y penyimpangan terbesar yaitu 0.01 mm, dan pada axis Z penyimpangan terbesar yaitu sebesar 0.01 mm.

) **Pengujian Pergerakan pada Mode Otomatis Dengan Program NC**

Setelah dilakukan kalibrasi dan pengujian pergerakan serta ukuran dengan menggunakan *Software universal gcode sender* dan *mode* MDI maka selanjutnya dilakukan pengujian pergerakan pada mode otomatis dengan membuat program pada *software Aspire* dan menggunakan *software universal gcode sender* untuk mengeksekusi benda kerja. Adapun material benda kerja yang digunakan adalah MDF (*Medium-Density Fibreboard*) 190x8mm dan *cutter* yang digunakan yaitu *cutter* 3mm, alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah jangka sorong.

Gambar 6. Hasil Pengujian Benda Kerja hasil program *Aspire*

Gambar 7. Mesin CNC Router Mini

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin CNC Router Mini untuk pembelajaran mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1) Desain sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC Router telah diuji coba pada benda kerja akrilik dan telah sesuai dengan kerja sistem kontrol *Mach3* pada sistem pemrograman mesin.
2) Tingkat keakuratan pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan yang terjadi untuk ketiga sumbu X, Y, dan Z cukup kecil, yaitu masing-masing berturut 0,1 mm; 0,1 mm; dan 0,3 mm.
3) Pembuatan produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin CNC Router lebih cepat (efisien) bila dibandingkan dengan pembuatan secara manual. Untuk produk benda kerja akrilik ukuran 60 cm x 60 cm dengan bentuk ukiran pada benda kerja sekitar 50% dibutuhkan waktu pengerjaan hanya sekitar 15 menit, termasuk waktu pemasangan dan setting tool.
4) Keakuratan dan kepresisian hasil pemakanan tool pada benda kerja lebih baik karena menggunakan pemrograman yang dapat membaca gambar atau kontur ukiran menjadi gerakan pemakanan pada benda kerja.

Saran

1) Untuk mengetahui keandalan mesin, diperlukan pengujian berkali-kali untuk beberapa jenis material benda kerja, karena setiap material benda kerja mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.
2) Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, keakuratan, dan kepresisian hasil permesinan sangat dipengaruhi oleh pencekaman benda kerja sebelum dilakukan proses permesinan, ketelitian setting tool pada benda kerja (*reference point*), dan jenis pahat yang digunakan.

3) Untuk pengembangan Mesin CNC Router Mini selanjutnya, disarankan agar penggunaan komponen-komponen vital menggunakan komponen standar (original) sehingga kinerja mesin lebih baik dan penggunaan mesin dapat lebih awet.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Pramono, Gatot Eka dkk. *Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin. FT-UIK. Bogor: Universitas Ibnu Khaldun. 2015.

[2] Salam, Abdul. *Pemrograman Dasar NC*. Makassar: Deepublish. 2014.

[3] Amala, Mushafa, Susilo dan Adi Widyanto. *Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling CNC Trainer*. Jurnal Teknik Mesin S-1 Vol.2 No. 3. 2014.

[4] Jundurrahman. *Teknologi Tepat Guna mesin CNC Milling 3 Axis Berbasis Mach-3 Controller*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mekatronika. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2018.

[5] Sonawan, Hery. Perancangan Elemen Mesin. Bandung: Alfabeta. 2013.

[6] Zaynawi, Bayu Wiro. K, Fipka Bisono. Proses Kalibrasi Sumbu X, Y, Dan Z Pada Mesin CNC *Router* Kayu 3 *Axis* Menggunakan Alat Bantu *Dial Indicator* dan *Block Gauge*. Jurnal PPNS. Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. 2018.

[7] Salam, Abdul. *Jobsheet Praktik Produksi Pemrograman Numerical Control (PNC)-1*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2015.

[8] Fernety, Art dan John Prentice. *Using Mach3Mill or The Nurture, Care and Feeding of The Mach3 Controlled CNC Mill.* ArtSoft Software Incorparted. 2013.

[9] Harrizal, Ikhlash Syukran, Syafri dan Prayitno. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Cnc Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System*. JOM FKTEKNIK. Vol. 4 (2). Pekanbaru: Universitas Riau. 2017.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana mengucapkan terimakasih kepada UP3M, yang telah memberikan bantuan dana penelitian produk terapan melalui DIPA Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Terimakasih juga disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Mesin, Kepala Bengkel Mekanik, dan Kepala Bengkel Produk.si CNC yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas yang sangat mendukung kegiatan penelitian ini.

TINJAUAN DEBIT PADA SUMUR AIR TANAH BERBASIS POMPA AIR TENAGA SURYA

Muh. Taufik Iqbal[1)], Kushari[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

To optimize the planting of rice plants, groundwater is used as a source of water so that the water needs for agricultural land can be met. Groundwater, which is a source of water, is known to contribute greatly to agricultural production, especially in the dry season. The long-term goal of this research is to increase groundwater discharge using a water pump as a controller of water distribution, alternative energy in the form of solar energy is used to drive the pump engine. During this time the pump is driven by an oil-fueled engine (BBM) which produces CO2 emissions into the air. The use of non-fuel alternative energy is expected to help reduce CO2 emissions so far. The research method begins with a survey and field survey conducted by the groundwater irrigation network in the Pare-Pare district. then search along ground waterways and mark using GPS. Measuring discharge and analyzing the performance of solar water pumps.

Keywords— *irrigation, groundwater, solar power*

1. PENDAHULUAN

Dibeberapa desa di kota Pare-pare mengalami kekurangan ketersediaan air untuk lahan pertanian[1]. Untuk mendapatkan air, petani di desa tersebut menggunakan mesin pompa air tanah berbahan bakar minyak [2]. Penggunaan energi alternatif non BBM diharapkan membantu penurunan emisi CO2 yang selama ini terjadi [3]. Penggunaan sel surya dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dengan catatan bahwa faktor cuaca akan mempengaruhi sistem ini. Tegangan dan arus mulai dihasilkan pada pukul 06.00 pagi, terus meningkat, sampai pada puncaknya pukul 12.00 tengah hari dan selanjutnya menurun hingga sore hari[4]. Penerapan teknologi ini akan dilakukan dalam sebuah demplot dengan tujuan mendapatkan sebuah model pemanfaatan irigasi air tanah berbasis pompa air tenaga surya [5][6].

2. METODE PENELITIAN

A. Tahapan-Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian ini meliputi pengumpulan data, survey lapangan, analisis data sampai dengan pembuatan laporan hasil penelitian.

Adapun prosedurnya sebagai berikut :

1. Tahap I : Persiapan / pendahuluan meliputi :
   a) Permohonan perizinan secara tertulis kepada instansi pengelola irigasi.
   b) Suvey / peninjauan lapangan.
2. Tahap II : Pengambilan data Primer terdiri dari :
   a) Pengukuran debit.
   b) Pumping Test.
3. Tahap III pengumpulan data sekunder
4. Tahap IV pengolahan data
5. Pembuatan Laporan

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Jaringan Irigasi Air Tanah Kabupaten Pare-Pare.

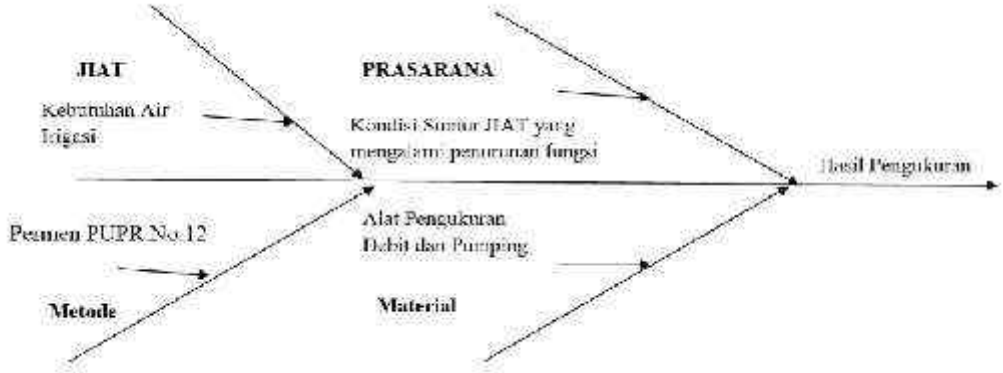
C. Alat dan software yang digunakan

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan dalam pumping test adalah:

- Alat Pengukur Muka Air
- Alat ukur panjang/horizontal yaitu meteran
- Stop watch
- Formulir isian dan alat tulis
- Alat penyipat datar

[1] Muh. Taufik Iqbal, 085394847900, muhtaufikiqbal@poliupg.ac.id

D. Fishbone Penelitian



Gambar 1. Diagram fishbone penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Spesifikasi Teknis Pompa

Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible*, lengkap dengan motor listrik dan peralatan lain yang diperlukan. Pompa ini akan digerakkan dengan power tenaga surya/PLTS sebagai sumber daya utama berdasarkan spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Kapasitas pompa tidak boleh lebih dari 1,5 ltr/det yang memenuhi kondisi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Pompa Air Tenaga Surya

No.	Uraian Komponen dan Spesifikasi Teknis	Satuan	Volume	Ket.
Pengadaan dan Pemasangan Pompa Tenaga Surya Kap. 20.000-25.000 ltr/hari-Head 50-70 m				
1	Pengadaan pompa *submersible* dan ass lengkap dengan *accessories* dan proteksi - Pompa *submersible* - AC/DC *electric motor* - *Inverter built in* - *Proteksi over load built in* - *proteksi thermal* - *Proteksi dry running*	Set	20	
2	Pengadaan Modul Solar Sel lengkap dengan ass, *Solar Module Cristaline Minimum* 1560 Wp, *Terminal Socket Junction Box*	Set	20	
3	*Cable Array to Control Box, c/w Socket & Plug*	Set	20	
4	*Cable Intermodule Array to Arrat c/w Socket & Plug*	Set	20	
No.	**Uraian Komponen dan Spesifikasi Teknis**	**Satuan**	**Volume**	**Ket.**
5.	*Control Box Complete With Termination braker*	*unit*	20	
6	Flash Arrester c/w grounding cable	set	20	
7	Pemasangan Modul Solar Sel termasuk rangka pendukung lengkap dengan bolt-nut	set	20	
8	Pemasangan drop cable NYYHY 4C x 10 mm2	M1	sesuai kebutuhan lap	
9	Pas.Pompa termasuk aksesories pendukung: - Pompa submersible dan ass.	Set	sesuai kebutuhan lap	

-	Pipa transmisi (Gip ø 1 1/2", med.A)	Btg	sesuai kebutuhan lap
-	Aksesories Pipa Gip ø 1 1/2"	Un	sesuai kebutuhan lap

(sumber : Buku Dokumen Spesifikasi Teknis)

B. Peta Topografi

Pengukuran luas sawah dilakukan menggunakan GPS Juno dengan cara melakukan tracking, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan titik pompa setelah itu melakukan tracking berdasar luas sawah yang akan diukur. Berdasarkan pengukuran luas dengan menggunakan GPS Juno didapatkan data-data yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data koordinat Pompa Air Tenaga Surya

No.	Lintasan	Kota Parepare		Elv. (m)	Luas sawah yang dialiri (m^2)	Koordinat		Ket.
		Kelurahan	Kecamatan			*Easting*	*Northing*	
1	Bacukiki	Wt. Bacukiki	Bacukiki	24	13.542,41	794958.04	9551105.65	Pompa Titik 1
2	Abbanuangnge	Wt. Bacukiki	Bacukiki	23	10.079,96	793798.58	9549706.82	Pompa Titik 2
3	Mangimpuru	Wt. Bacukiki	Bacukiki	20	13.328,88	793187.21	9549539.34	Pompa Titik 3

(sumber: Hasil Pengukuran GPS Trimble Juno 5 series)

Data koordinat dari *GPS Juno* di *download* menggunakan aplikasi data transfer atau via *bluetooth*, kemudian di*input* di *Google Earth* dan *Microsoft Excel* untuk pengolahan datanya, pembuatan peta topografi menggunakan aplikasi *ArcGIS* dan *Google Earth.* Adapun hasil dari digitasi dari peta tersebut ialah sebagai berikut:

C. Debit Aliran Pompa

Untuk mengetahui juml n perhitungan debit dilapangan dengan men g kami peroleh dari perhitungan debit yaitu :

1) Debit Pompa Titik I

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Rata-Rata Pompa Titik 1 Hari ke-1

No.	Waktu Pengukuran		Volume Ember (liter)	Debit Rata-Rata (ltr/detik)
	Hari/Tgl	Jam		
1	Jumat, 12 April 2019	06.00-07.00	18	0,12
		07.00-08.00	18	0,36
		08.00-09.00	18	0,66
		09.00-10.00	18	0,9
		10.00-11.00	18	1,05
		11.00-12.00	18	1,35
		12.00-13.00	18	1,2
		13.00-14.00	18	0,81

	14.00-15.00	18	0,9
	15.00-16.00	18	0,45
	16.00-17.00	18	0,18
	17.00-18.00	18	0,06

2) Debit Pompa

Tabel 4. Hasil

No.	Waktu Pengukuran Hari/Tgl	Jam	Volume Ember (liter)	Debit Rata-Rata (ltr/detik)
1	Jumat, 12 April 2019	06.00-07.00	18	0,06
		07.00-08.00	18	0,075
		08.00-09.00	18	0,12
		09.00-10.00	18	0,135
		10.00-11.00	18	0,15
		11.00-12.00	18	0,15
		12.00-13.00	18	0,18
		13.00-14.00	18	0,18
		14.00-15.00	18	0,15
		15.00-16.00	18	0,09
		16.00-17.00	18	0,03
		17.00-18.00	18	0,009

3) Debit Pompa Titik III

Tabel 5. Hasil Pengukuran Debit Rata-Rata Pompa Titik 3 Hari ke-1

No.	Waktu Pengukuran Hari/Tgl	Jam	Volume Ember (liter)	Debit Rata-Rata (ltr/detik)
1	Jumat, 12 April 2019	06.00-07.00	8,04	0,13
		07.00-08.00	8,04	0,36
		08.00-09.00	8,04	0,64
		09.00-10.00	8,04	0,74
		10.00-11.00	8,04	0,90
		11.00-12.00	8,04	0,99
		12.00-13.00	8,04	0,88
		13.00-14.00	8,04	0,66

14.00-15.00	8,04	0,48
15.00-16.00	8,04	0,29
16.00-17.00	8,04	0,24
17.00-18.00	8,04	0,11

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka debit rata-rata pompa air tenaga surya yang dihasilkan selama 3 hari berturut-turut untuk Pompa Titik 1 yaitu 0,617 ltr/detik dengan luas sawah yang dialiri adalah 13.542,41 m^2, untuk Pompa Titik 2 yaitu 0,107 ltr/detik dengan luas sawah yang dialiri adalah 10.079,96 m^2, dan untuk Pompa Titik 3 yaitu 0,535 ltr/detik dengan luas sawah yang dialiri adalah 13.328,88 m^2.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] L. Somantri, "Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh," *Semin. Ikat. Geogr. Indones.*, pp. 1–10, 2008.

[2] N. Richana and Suarni, "Teknologi Pengolahan Jagung," *Balai Penelit. Tanam. Serealia, Maros*, 2005.

[3] S. Sirait, S. K. Saptomo, and M. Y. J. Purwanto, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Irigasi Pipa Lahan Sawah Berbasis Tenaga Surya," *J. Irig.*, 2018.

[4] B. Harsoyo, "Review modeling hidrologi das di indonesia," *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, 2010.

[5] H. D. S. Muhamad, M. Undang, A. Oman, and I. I. Munib, "Sebaran akuifer dan pola aliran air tanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda," *Indones. J. Geosci.*, vol. 1, no. 3, pp. 115–128, 2006.

[6] M. Abduh, "Studi kapasitas debit air tanah pada akuifer tertekan di kota malang," pp. 71–80, 2012.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Dosen dan Staf Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Tokoh Masyarakat Desa Nosambalia yang membantu dalam jalannya proses pelaksanaan pengabdian ini.

RANCANG BANGUN POMPA PANEL SURYA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK BOSOWA

Akbar Naro Parawangsa[1)], Fatmawati Azis [2)]
[1)] *Dosen Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Bosowa, Makassar*
[2)] *Dosen Program Studi Teknik Listrik Politeknik Bosowa, Makassar*

ABSTRACT

The Learning media is an important tool in the learning process. Availability learning media can rise learning process up especially high educational vocation. Therefore, the making of instructional media needs to be developed, one of which is in the field of renewable energy which is currently a global concern. One of exploiting renewable energy is solar energy, needed a learning media solar panel water pump (SPWP) for utilizing solar energy. The design of SPWP utilizes the solar energy received by the solar panel then passed to the pump as a source of electrical energy without using storage battery. So the solar energy absorbed by the solar panel is no longer accommodated in the battery but the energy is directly utilized to drive the solar panel pump. This research aim is to see the effect of solar intensity on the performance of solar panels and pump characteristics such as discharge and pressure. The method used in this research is to design and construct pump installations that are connected to solar panels. The magnitude of the sun's intensity is measured by using a pyranometer (Watt / m2) and the power absorbed by the solar panel is measured in the form of Current (Ampere) and Voltage (Volt). The power will be forwarded directly to the pump motor, this power will be used to run the pump which will then be measured by the flow rate and pressure adjusted to the pump installation. Through this research, it will be seen the difference in pump characteristics based on differences in the intensity of the sun every hour. This research is expected to be a learning media for Bosowa Polytechnic students to find out the performance of solar panels and the characteristics of the pump through the installation of solar panel pumps which later the results obtained can be compared with conventional pumps with the same head.

Keywords*: Learning Media, Renewable Energy, Solar Panel, Pump*

1. PENDAHULUAN

Media pembelajaran vokasi dibidang keteknikan seharusnya berkembang selaras dengan teknologi. Teknologi yang mutakhir tidak hanya mampu memberikan kenyamanan kepada praktikan tetapi juga mampu memanfaatkan energi dari alam sehingga dapat mengurangi emisi lingkungan. Energi terbarukan satu-satunya energi yang menjanjikan kedua hal yang dibutuhkan tersebut. Pemanfaatan energi terbarukan [1] [2] [3] [4] telah banyak menyita perhatian, air dan matahari adalah energi yang paling menarik diinvestigasi [3] [4] [5].

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling penting dan satu-satunya aktor utama yang mampu memenuhi kekbutuhan air minum, irigasi dan kebutuhan lainnya [6]. Utilitasnya tidak diragukan lagi, bahkan semua apa yang dibutuhkan bisa dikatakan awalnya berasal dari air. Metode pengairannya umumnya menggunakan sistem pemompaan mesin pompa air konvensional. Instalasi pompa air konvensional juga terbilang mudah. Air dari sumber akan dipompa dari dasar hingga keluar dari pipa atau kran air. Panjang pipa akan tergantung dari kedalaman sumber airnya.

Sistem kalistrikan pompa umumnya langsung terhubung ke sumber 220 V untuk pompa 1 fasa atau 380 V untuk pompa 3 fasa arus bolak-balik. Ada juga pompa yang didesain untuk sumber arus searah. Pompa air menggunakan energi listrik dari sistem terinterkoneksi itu [7] telah lazim digunakan baik dalam kebutuhan rumah tangga, industri bahkan dalam media pembelajaran, namun beda halnya jika mesin pompa air digunakan dengan sistem kelistrikan *stand-alone* berbasis energi terbarukan [8]. Media pembelajaran ini tentunya akan lebih mampu mengurangi biaya operasional. Energi terbarukan yang dipilih sebagai sistem suplai listrik adalah energi matahari dari panel surya. Biaya penyaluran energi listrik dengan menggunakan *solar cell* pada panel surya telah diinvestigasi pada [9]. Penelitian ini memberikan informasi biaya dapat ditekan, selain itu sistem pemompaan air *solar cells* telah diinvestigasi pada penelitian [6], penelitian ini mengangkat tentang pengaruh *head* dan radiasi matahari terhadap kinerja pompa.

[1] Korespondensi penulis: Akbar Naro Parawangsa, Telp 085242919044, akbarnaro9@gmail.com

Penelitian ini meneliti sistem pemompaan air panel surya. Mesin Pompa air dirancang seri-paralel untuk melihat efisiensi kinerja pompa berdasarkan radiasi matahari. *Head* akan dirancang sedemikian rupa memberikan pengetahuan baru dan akan lebih mudah memberikan informasi kepada praktikan. Tujuan lain dari penelitian ini dan penelitian sebelumnya [6, 7, 8] akan memasyaraktkan pompa panel surya yang hemat energi walaupun pompa panel surya masih terbilang unik dan langkah untuk digunakan.

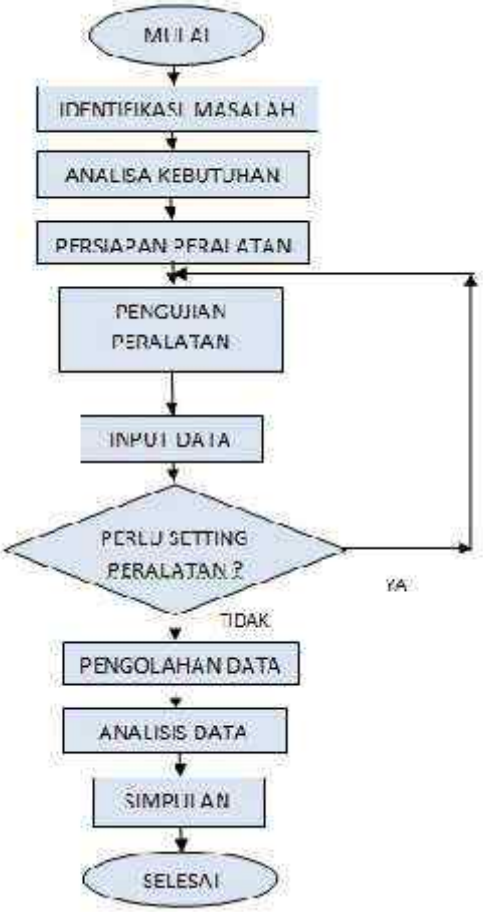
Penelitian ini tentunya akan lebih mampu mengurangi biaya operasional karena sistem suplai listrik berasal dari energi matahari melalui panel surya. Penelitian ini mengangkat tentang pengaruh intensitas matahari terhadap kinerja panel surya dan karakteristik pompa berupa debit dan tekanan. Instalasi pompa panel surya ini dibuat untuk melihat karakteristik pompa dengan variasi head. Media pembelajaran akan dirancang sedemikian rupa agar memberikan pengetahuan baru dan akan lebih mudah memberikan informasi kepada praktikan. Tujuan lain dari penelitian ini yaitu untuk memasyaraktkan pompa panel surya yang hemat energi, walaupun pompa panel surya masih terbilang unik dan langkah untuk digunakan. Dengan melihat kondisi yang sedang dialami oleh perguruan tinggi Politeknik Bosowa terkhusus pada media pembelajaran pompa dan untuk memudahkan dalam melakukan proses pembelajaran.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini berbasis pembuatan alat praktikum sebagai media pembelajaran. Media pembelajaran yang dibuat berupa instalasi pompa panel surya dimana energi matahari sebagai sumber energi utama yang dikonversi menjadi energi listrik.

Panel surya memiliki spesifikasi dengan tegangan open circuit v_o = dengan nominal daya aktif $P_s = 200\,W$, sementara untuk pompa air merupakan pompa DC dengan kapasitas daya aktif $P_p = 180\,W$ Media pembelajaran ini juga dilengkapi dengan rangkaian *buck converter* untuk mengoptimalkan daya keluaran dari panel surya.

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pompa panel surya.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui penyebab masalah yang biasanya timbul pada suatu instalasi pompa panel surya dan sistem perpipaan misalnya besarnya daya panel surya mampu menjalankan pompa dan banyaknya belokan dan sambungan yang dapat mengurangi kinerja maksimum suatu pompa.

Analisis Kebutuhan

Dengan adanya analisis kebutuhan panel surya maka pemilihan panel surya yang tepat dapat dilakukan sehingga kebutuhan daya untuk menjalankan pompa panel surya terpenuhi. Pemilihan pompa air, diameter pipa, sambungan pipa, dan katup harus sesuai karena dapat mempengaruhi karakteristik pompa seperti debit dan tekanan. Analisis kebutuhan ini menjadi dasar dalam pembuatan instalasi pompa yang disusun seri dan disusun paralel. Desain instalasi media pembelajaran ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Persiapan Peralatan

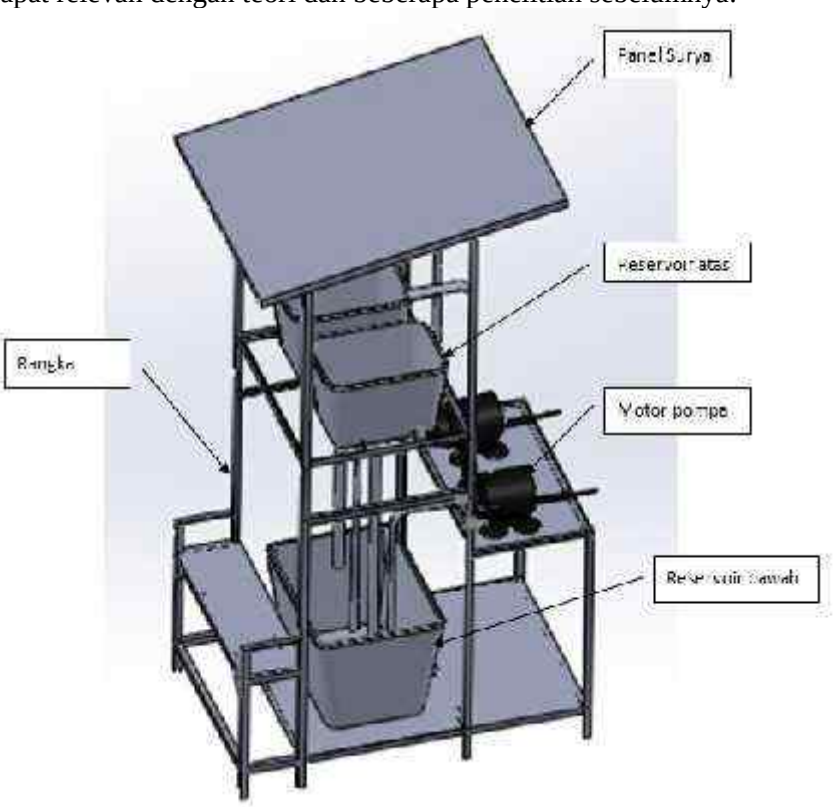
Persiapan peralatan dilakukan khususnya menggunakan peralatan yang standar seperti panel surya, pompa dan alat untuk memotong dan menyambung pipa agar tidak terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan kerugian pada aliran. Peralatan yang banyak digunakan adalah sambungan ulir yang nantinya dapat menunjang proses pembelajaran instalasi perpipaan.

Input data dan Pengolahan data

Input data dilakukan dengan mengamati besarnya intensitas matahari, arus dan tegangan dari panel surya, serta debit dan tekanan yang dihasilkan pompa, sehingga diperoleh data yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam penentuan karakteristik pompa.

Analisis data dan simpulan

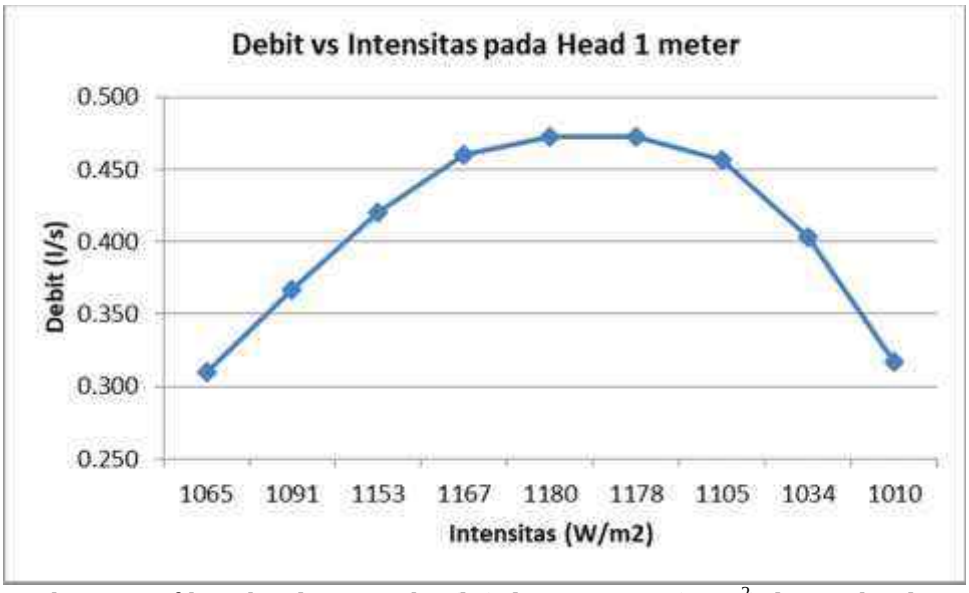
Setelah pengolahan data dapat ditampilkan dalam bentuk tabel, langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan terhadap karakteristik dengan variasi head terhadap debit air. Diharapkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat relevan dengan teori dan beberapa penelitian sebelumnya.



Gambar 2. Gambar desain pompa panel surya.

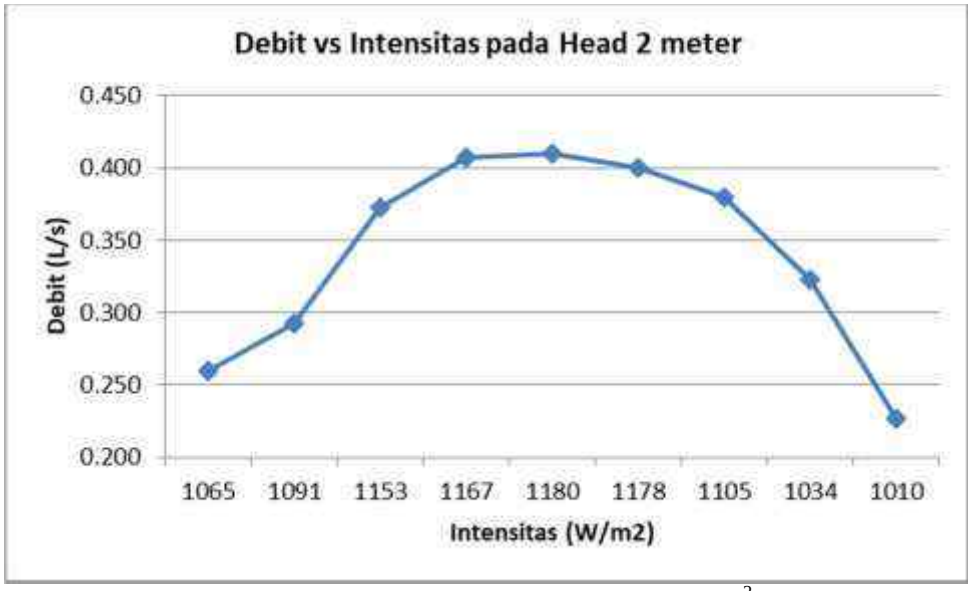
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini dapat dilihat secara berturut-turut pada Gambar 3, 4, 5. Gambar 3. Memperlihatkan grafik hubungan intensitas cahaya (W/m^2) dengan debit air (I/s) dimana intensitas terbesar cahaya matahari 1180 W/m^2 menghasilkan debit air 0.475 l/s dengan ketinggian (head) pipa 1 meter.



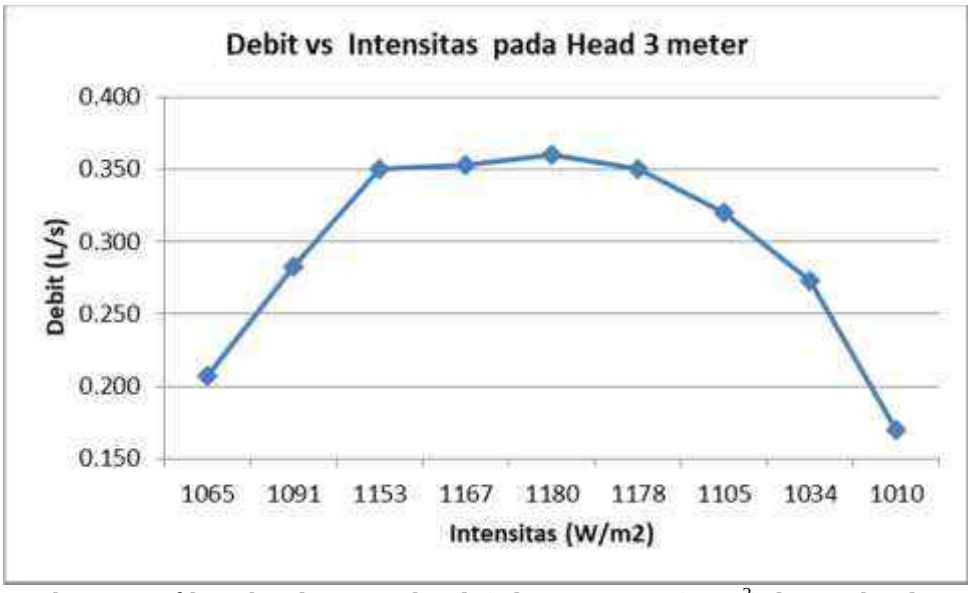
Gambar 3. Grafik perbandingan Debit (l/s) dan intensitas (W/m^2) dengan head 1 m.

Gambar 4. Memperlihatkan grafik hubungan intensitas terbesar cahaya matahari 1180 W/m^2 dengan debit air 0.41 l/s dengan jumlah yang lebih banyak dengan ketinggian 2 m. Debit air yang dipompa lebih sedikit.



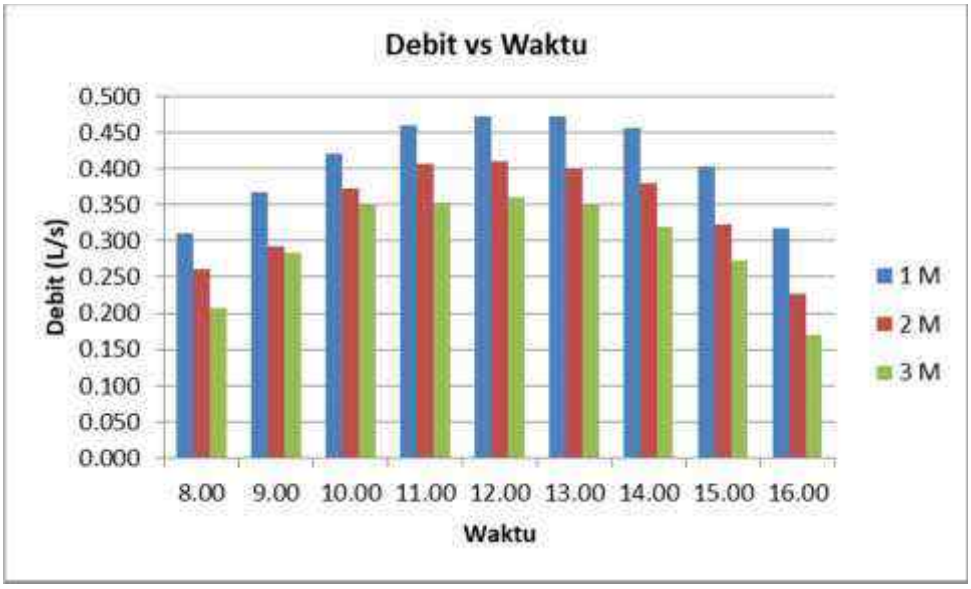
Gambar 4. Grafik perbandingan Debit (l/s) dan intensitas (W/m^2) dengan head 2 m.

Gambar 5. Memperlihatkan grafik hubungan intensitas terbesar cahaya matahari 1180 W/m^2 dengan debit air 0.38 l/s di ketinggian 3 m. kuantitas debit air yang dipompa lebih sedikit dibandingkan air yang dipompa dari ketinggian 1 m dan 2 m.



Gambar 5. Grafik perbandingan Debit (l/s) dan intensitas (W/m^2) dengan head 3 m.

Gambar 6. Memperlihatkan hubungan itensitas cahaya matahari dengan debit air untuk 3 variasi head pipa. Data intensitas cahaya matahari diambil mulai dari pagi hari pukul 08.00 sampai dengan sore hari pukul16.00. Grafik memperlihatkan debit air terbesar dipompa saat pukul 12.00 sampai pukul 13.00.



Gambar 6. Diagram perbandingan variasi head terhadap debit dan waktu

4. KESIMPULAN

1) Hasil penelitian memperlihatkan debit air yang dipompa dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan head pipa.
2) Hasil penelitian dalam bentuk media pembelajaran instalasi pompa panel surya ini telah memperlihatkan karakteristik dari hubungan intensitas cahaya matahari dengan debit air yang dipompa oleh panel.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Lubin and Y. Dvorkin, "A Robust Approach to Chance Constrained Optimal Power Flow with Renewable Generation," *IEEE Transactions Power Systems*, vol. 31, no. 5, pp. 3840-3849, 2016.

[2] F. Diab, H. Lan and S. Ali, "Novel comparison study between the hybrid renewable energy systems on land and on ship," *Renewable and Sustainable Energy Riviews*, vol. 63, pp. 452-463, 2016.

[3] Y. Da, Y. Xuan and Q. Li, "Quantifying energy losses in planar perovskite solar cells," *Solar Energy Materia and Solar Cells,* vol. 174, pp. 206-203, 2018.

[4] L. Zhang, X. Liu, J. Li and S. McKechnie, "Interactions between molecules and perovskites in halide perovskite solar cells," *Solar Energy Materials and Solar cells,* vol. 175, pp. 1-19, 2018.

[5] Y. Zhou, S. Guo, F.-J. C. Chang, P. Liu and B. A. Chen, "Methodology that improves water utilization and hydropower generation without increasing flood risk in mega cascade reservoirs," *Energy,* vol. 143, pp. 785-796, 2018.

[6] A. K. Tiwari and V. R. Kalamka, "Effects of total head and solar radiation on the performance of solar water pumping system," 2017.

[7] K. Vinter, R. J. Nielsen, P. Andersen and J. D. Bendsent, "Optimization of interconnected absorption cycle heat pumps with micro-genetic algorithms," *Journal on Process Control,* vol. 53, pp. 26-36, 2017.

[8] T. P. Correa, I. S. Seleme Jr. and S. R. Silva, "Efficiency optimization in stand-alone photovoltaic pumping system," *Renewable Energy,* vol. 41, pp. 220-226, 2012.

[9] C. Shilaja and K. Ravi, "Optimization of emission/economic dispatch using euclidean affine flower pollination algorithm (eFPA) and binary FPA (BFPA) in solar photo voltaic generation," *Renewable Energy,* vol. 107, pp. 550-556, 2017.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama ucapan terima kasih ini kami haturkan untuk pihak pendanaan Kemenristek Dikti. Kami juga berterimakasih pada Prodi Teknik Listrik dan Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Bosowa yang telah meminjamkan peralatan laboratorium untuk kelancaran pembuatan penelitian ini.

PENERAPAN POMPA MOBILE TENAGA SEPEDA MOTOR, SEBAGAI UPAYA MEWUJUDKAN KEBUTUHAN AIR BERSIH DI DESA NUSA AMANUBAN BARAT, KABUPATEN TIMOR TENGAH SELATAN, NUSA TENGGARA TIMUR

Anang Lastriyanto [1)], Ary Mustofa Ahmad[1)], Aris Subagiyo[2)] Sasongko Aji Wibowo[3)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang*
[2)]*Dosen Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Brawijaya, Malang*
[3)]*Mahasiswa Pascasarjana, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang*

ABSTRACT

Water is the main problem in Desa Nusa Kecamatan Amanuban Barat Timor Tengah Selatan especially in dry season on May to December. Sometime social problems interact with water. In wet season erosion problems must be attention. The purpose of this research is to study the supplay clean water to support healthy environment and to design water installation from the source to upper village with 100 Families. To overcome these problems, the application of motorcycle water pumps installation through 2019 implementation of Doctor Mengabdi Universitas Brawijaya. This is done considering the motorcycle is a facility that is generally owned by community. Based on observations, it was found that motorcycle power water pump designs were able to move water from the water source to closest point to the reservoir at 30 m height. With an average discharge of 15-60 liters / minute. Based on the analysis, it is necessary to survey and map the water source to develop a dug well that can be operated using solar cells with the Village Budget allocation.

Keywords*: watter, supplay, motor-pump, NTT*

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber daya air merupakan faktor penentu dalam semua segi kehidupan. Keterbatasan sumber air bersih di musim kemarau merupakan masalah yang dihadapi di desa Nusa, Amanuban Barat, kabupaten Timor tengah selatan dan di beberapa wilayah Indonesia Timur pada umumnya, sehingga sering menimbulkan konflik (Jacom dkk, 2016). Sementara pada musim hujan terjadi erosi sehingga mengurangi kesuburan tanah (Nahak dkk, 2008). Melalui survey yang dilakukan oleh team Doktor Mengabdi Universitas Brawijaya pada tahun 2018, di wilayah kecamatan Amanuban Barat, NTT terdapat suatu sumber air sumber air yang cukup, baik kualitas maupun kuantitasnya untuk memenuhi satu desa terdiri dari 100 KK.

Berdasarkan hasil pengukuran, debit mata air dipertengahan musim kemarau mencapai 60 liter/menit. Pendistribusian menjadi masalah utama karena letak sumber air jauh dibawah pemukiman dan tidak dapat dijangkau oleh kendaraan selain itu juga tidak terdapat sumber listrik diarea sumber air tersebut. Sehingga air belum dimanfaatkan secara signifikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menguji implementasi jaringan air bersih menggunakan teknologi tepat guna berupa pompa air tenaga sepeda motor. Dari evaluasi hasil pengujian diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan teknologi sejenis diwilayah Indonesia terutama yang sulit dalam mendistribusikan sumber air.

Standar kebutuhan air dinyatakan dalam liter per kepala per hari. Perencanaan kebutuhan air bersih, khususnya analisa perhitungan yang akurat, sangat diperlukan untuk mencegah kegagalan dalam perencanaan, pengelolaan dan konservasi. Ada beberapa komponen dasar kebutuhan air bersih, diantaranya untuk a. konsumsi, b. mandi, c. mencuci, d. buang air, dan e. yang lainnya. Besar kecilnya kebutuhan air dipengaruhi oleh iklim, standar kesehatan dan hygiene, serta termal. Pada kondisi normal, kebutuhan air bersih dalam liter/kepala/hari (L/K/H) digunakan untuk konsumsi 7, mandi 20, cuci 40, kakus 45, lainya 23, jadi total kebutuhan air 135liter/kepala/hari. Untuk satu KK diperkirakan 500 – 550 liter/hari. Dengan demikian bila terdapat sumber air 60 liter/menit atau setara dengan 86.400 liter per hari yang selama ini belum termanfaatkan dengan baik karena ketiadaan sumber listrik dan teknologinya. Data kebutuhan air sangat diperlukan dalam perencanaan kebutuhan air untuk tempat ibadah, kawasan pemukiman, rumah susun, pabrik, gedung pertemuan, restoran, kantor, sekolah, hotel, rumah sakit, dan gedung komersial dan fasilitas umum lainnya lainya. Menurut Prasanth et al., (2012) kebutuhan air untuk konsumsi sebesar 4,1% dari total kebutuhan manusia.

[1] Korespondensi penulis: Anang Lastriyanto, Telp 08123393555, anangl@ub.ac.id

Pompa adalah mesin fluida yang memindahkan energi dari putaran poros menjadi energi tekanan dan kecepatan aliran fluida. Jenis pompa berdasarkan arah aliran fluida dan putaran sudu dibedakan menjadi: pompa sentrifugal, aksial, dan campuran (Tuzson, 2000). Pompa sentrifugal telah digunakan secara luas di masyarakat dengan berbagai penggerak. Penerapan pompa sentrifugal dalam bidang pertanian untuk irigasi menggunakan sumber energy dari motor bakar. Bahkan tipe terbaru terdapat jenis pompa yang digerakkan dengan tenaga sepeda motor. Banyak literatur tentang usaha untuk memperbaiki kinerja pompa sentrifugal untuk berbagai keperluan seperti industri, air bersih, limbah, dan drainase. Hasil riset tersebut menunjukkan kinerja pompa yang lebih baik.

Sehubungan dengan penerapan pompa sentrifugal yang digerakkan dengan sepeda motor di wilayah pedalaman NTT, diperlukan uji kinerja atau unjuk kerja dari instalasi Pompa Sentrifugal Tenaga Sepeda Motor untuk diperoleh informasi teknis dari instalasi tersebut melalui percobaan di laboratororium sebelum dipasang di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Pengujuan

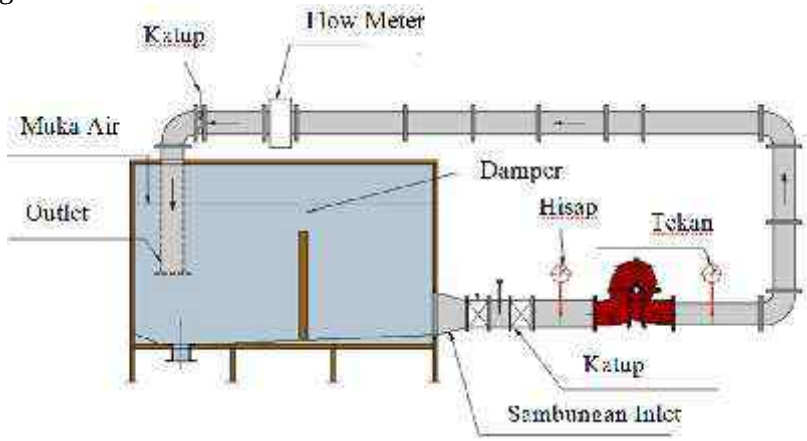
Lokasi percobaan uji kinerja pompa sentrifugal tenaga sepeda motor bertempat di workshop dan laboratorium Lastrindo Engineering, kota Malang. Sedangkan waktu pengujian dilakukan pada bulan Maret sampai dengan April 2019.

2.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor, bak air, stopwatch, saluran perpipaan, pressure gage, flow meter, timer. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air sebagai bahan percobaan kinerja rangkaian instalasi.

2.3. Kerangka Instalasi Pompa Sentrifugal Tenaga Sepeda Motor

Berikut adalah gambar rangkaian instalasi pompa sentrifugal untuk pengujian serta letak pemasangan alat ukur pada kerangka instalasi.



Gambar 1. Kerangka Instalasi Pompa Sentrifugal Berpenggerak Sepeda Motor

2.4. Prosedur Pengujian

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan untuk menganalisis karakteristik atau performansi Pompa Air tenaga Sepeda Motor. Beberapa parameter yang di uji untuk mendapatkan hasil karakteristik Pompa Air Tenaga Sepeda Motor meliputi:

1) **Pengukuran Debit dan Head Tekan**

   Data pengukuran diperoleh dengan mencatat pada hasil pengukuran alat flow meter dan pressure gage yang dipasang pada instalasi pompa sentrifugal.

2) **Kebutuhan Daya Pompa (Watt)**

   Untuk mengetahui berapa kebutuhan daya pompa dapat diketahui dengan persamaan (1).

$$N_P = m.g.\ \frac{2.\pi.n}{6}.L \quad \text{.....(1)}$$

Dimana:

N_p= Kebutuhan Daya Pompa

m= Massa beban (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
n = Putaran poros pompa (rpm)
L = Panjang lengan torsi (m)

3) **Daya Hidrolik (N_h) :**
daya hidrolik dapat diketahui dengan persamaan (2).

$$N_h = \rho . Q, g . h \text{ (Watt)} \quad (2)$$

Dimana:
ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
g = Percepatan gravitasi (m/s2)
Q = Debit aliran (m^3/s)
H = Head total pompa (m)

4) Kurva H vs Q

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rangkaian Pengujian di Laboratorium

Pengujian karakteristik pompa air tenaga sepeda motor dirakit berdasarkan Gambar 1. yang ditampilkan pada BAB 2, adapun foto hasil perakitan instalasi secara real ditunjukkan pada Gambar 2a, dimana sepeda motor yang digunakan adalah Honda suprafit 110cc tahun 2006. Instalasi pengujian dilengkapi dengan alat pengukur tekanan dan aliran air yang pasang pada pipa saluran output. Pengukuran tekanan dan debit dilakukan secara bersamaan dengan kondisi putaran mesin yang berbeda. Dalam hal ini ujicoba menggunakan RPM rendah 1500, sedang 1750, dan tinggi 2000. Masing-masing hasil pembacaan alat ukur dicantumkan pada Gambar 2b pada sub Bab 3.2.

Gambar 2a. Perakitan Pompa Air

Gambar 2b. foto alat pengukur tekanan dan debit aliran

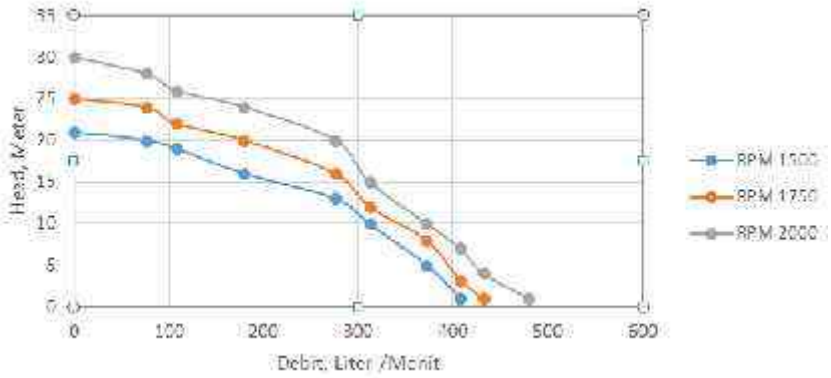
3.2. Pemenuhan kebutuhan Air di Desa Lokasi Penelitian.

Melalui kegiatan ini telah dihasilkan pemasangan instalasi dan distribusi air ke penduduk sekitar. Berdasarkan percobaan, instalasi pompa air tenaga sepeda motor sepanjang 300m berdiameter 5 cm mampu mendistribusikan ke tempat pemukiman dengan ketinggi 40 m. Instalasi distribusi air tersebut menggunakan dua buah tangki penampung air masing-masing 2500 liter, berdasarkan hasil evaluasi, warga menerima paket teknologi tersebut dengan senang hati sehingga mampu menjaga keberlangsungan sistem jaringan air bersih. hal ini ditunjukkan adanya pencanangan program dana desa untuk penyempurnaan jaringan yang ada pada tahun 2020. Untuk langkah yang akan datang masalah motor penggerak, instalasi dan keamanannya menjadi tugas dan tanggungjawab masyarakat sekitar. Gambar 3 berikut menunjukkan photo lokasi sumber air di Desa Nusa, Amanuban Barat, kabupaten TTS, NTT.

Gambar 3. Lokasi Sumber Air

3.3. Kurva Tinggi Tekan dan Debit

Menurut Tuzson, (2000) standar karakteristik pompa sentrifugal ditentukan berdasarkan kurva debit (sumbu x) dan ketinggian (sumbu Y). Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kurva karakteristik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

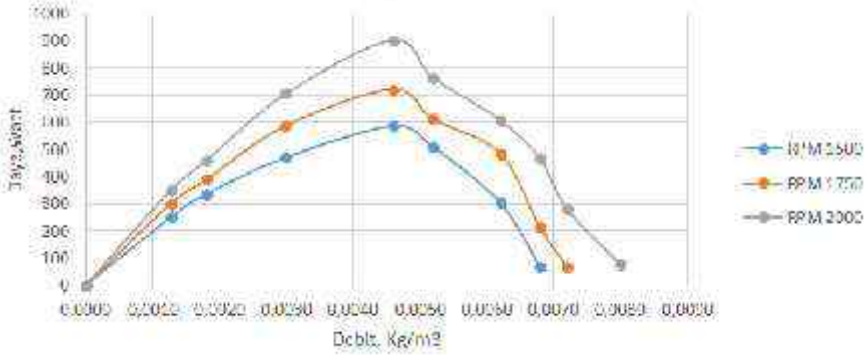


Gambar 4. Kurva Hubungan antara tinggi dengan debit

Dari hasil perhitungan dan gambar 4 yang ditampilkan di atas, semakin tinggi putaran, kurvanya semakin bertambah, hal ini karena energi putaran mesin yang dipindahkan ke poros pompa semakin besar. Karena putaran berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan. Hal sesuai dengan hasil simulasi pemodelan yang dilakukan oleh Kim et al., (2015).

3.3. Daya Hidraulik

Menurut Tuzson (2000), besarnya daya hidrolik pompa ditentukan oleh: debit, ketinggian, kerapatan seperti ditunjukkan pada persamaan 3. Berdasarkan perhitungan dari data yang diperoleh pada pengujian pompa, hubungan antara daya hidrolik dan debit ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva hubungan antara daya hidrolik dan debit

Dari gambar 5 diatas didapatkan daya hidrolik minimum pada debit maksimum dan mininimum. Daya hidrolik pompa maksimum pada debit pompa menengah pada RPM paling tinggi. Dalam percobaan ini didapatkan 900Watt.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Melalui percobaan pompa air tenaga sepeda motor, didapatkan kurva kinerja pompa mencapai 900 Watt pada RPM motor penggerak maksimum.
- Semakin rendah putaran, daya yang dihasilkan semakin kecil
- Pompa air tenaga sepeda motor sesuai untuk dikembangkan di daerah yang sumber listriknya terbatas, namun bisa diakses sepeda motor

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Brawijaya yang telah mendanai kegiatan ini melalui program Doktor Mengabdi yang ada di Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM).

6. DAFTAR PUSTAKA

El-Gazzar, D. M. S., & Hawash, S. A. A. F. (2018). Optimizing Centrifugal Pump Performance by Different Blade Configuration Patterns. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, *3*(1), 1.

Heo, M. W., Ma, S. B., Shim, H. S., & Kim, K. Y. (2016). High-efficiency design optimization of a centrifugal pump. *Journal of Mechanical Science and Technology*, *30*(9), 3917-3927.

Jocom, H., Kameo, D. D., Utami, I., & Kristijanto, A. I. (2016). Air dan Konflik: Studi Kasus Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *14*(1), 51-61.

Jocom, H., Kameo, D. D., Utami, I., & Kristijanto, A. I. (2016). Air dan Konflik: Studi Kasus Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *14*(1), 51-61.

Kim, J. H., Lee, H. C., Kim, J. H., Kim, S., Yoon, J. Y., & Choi, Y. S. (2015). Design techniques to improve the performance of a centrifugal pump using CFD. *Journal of Mechanical Science and Technology*, *29*(1), 215-225.

Mali, M. S., Tanesib, J. L., & Pingak, R. K. (2017). Pemetaan Daerah Rawan Erosi dengan Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi di Kabupaten Timor Tengah Selatan Propinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, *2*(2), 58-65.

Nahak, P. G., Istiarto, I., & Yulistyanto, B. (2008). Kajian Genangan Banjir Sungai Muke di Kabupaten Timor Tengah Selatan Provinsi Nusa Tenggara Timur dan Upaya Pengendalianya. In *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* (Vol. 18, No. 2, pp. 811-821).

Prasanth, S. S., Magesh, N. S., Jitheshlal, K. V., Chandrasekar, N., & Gangadhar, K. (2012). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala, India. *Applied Water Science*, *2*(3), 165-175.

Tuzson, J. (2000). *Centrifugal pump design*. John Wiley & Sons.

PENGARUH AGITATOR TERHADAP PENURUNAN TEMPERATUR AIR BUANGAN PADA *WASTE WATER PIT* SISTEM PLTU

Muh. Yusuf Yunus[1,a], Firman[2,b]
[1,2]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRACT

Steam Power Plant (PLTU) is one of the largest sources of electricity provider in Indonesia, simply PLTU uses energy from coal which is used to heat boilers. Steam is produced from a boiler which is then used to turn a turbine connected to a generator. The existence of a power plant in Indonesia is usually placed in areas close to the sea. One of the most important processes in a power plant system is cooling processes in the condenser. Because it is located close to the sea, the condenser cooling water source usually uses sea water. After the cooling process in the condenser, the sea water is used as a cooler then flowed back into the environment. The absorption of heat during the cooling process results in water having a temperature which will certainly have an impact on the presence of other organisms on the environment. To anticipate this problem, this study aims to look at the effect of the agitator on the cooling rate of the wastewater from the condenser cooling. The cooling process model is made on a laboratory scale which is then used to see the benefits of using an agitator in the process of reducing the temperature of waste water before being released to the environment.

Keywords: *Components; Condenser, Waste Water Pit, Agitator*

1. PENDAHULUAN

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Indonesia merupakan penyuplai terbesar daya dari jumlah kapasitas pembangkit listrik yang ada.Pada system PLTU di butuhkan beberapa sistem bantu yang berfungsi sebagai penunjang dari proses pembangkitan tersebut. Beberapa sistem bantutersebut seperti: sistem pendingin, sistem oli bertekan, sistem pelumasan dan sistem-sistem lainnya.

Menurut Handoyo [1] sistem pendingin berfungsi untuk mengatasi terjadinya *over-heating* (panas yang berlebihan) pada mesin agar mesin dapat bekerja secara stabil. Sistem pendingin yang digunakan pada PLTU sebagian besar menggunakan air laut sebagai media pendingin. Salah satu komponen vital pada PLTU yang membutuhkan air laut adalah kondensor. Kondensor memanfaatkan air laut sebagai media pendingin untuk merubah fasa uap yang telah melewati LP turbine menjadi fasa cair yang kemudian dialirkan ke hotwell untuk sirkulasi agar hasil kondensasi dapat digunakan kembali pada proses selanjutnya. Sebelum air laut masuk ke intake, diinjeksikan *chemical* berupa chlorin untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan juga menghindari *fouling* [2]. Sistem yang digunakan pada proses tersebut ialah *open loop* sehingga air laut yang telah dimanfaatkan akan dibuang kembali ke sumbernya. Ada beberapa macam proses pembuangan air limbah yang dapat digunakan pada PLTU dengan sistem pendingin *open loop* antara lain pembuangan permukaan, pembuangan bawah permukaan, dan pembuangan difusi. Di antara ketiga macam proses tersebut, proses pembuangan permukaan adalah yang paling banyak digunakan pada PLTU.

Salah satu kendala pada sistem pendingin open loop ialah air laut yang akan dibuang kembali ke sumbernya belum memenuhi syarat ketentuan baku mutu air limbah pembangkitan. Sehingga pada water outake dibutuhkan konstruksi saluran yang panjang.Konstruksi saluran water outake yang panjang dibutuhkan agar terjadi perpindahan panas secara konveksi pada saluran air tersebut untuk mencapai syarat temperatur air limbah pembangkitan yaitu sekitar 30° C.Selain itu dengan konstruksi water outake yang panjang, sisa bahan kimia yang masih terkandung dapat terurai sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan kalor dengan menggunakan saluran yang panjang merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencapai syarat ketentuan baku mutu air limbah. Namun pembuangan kalor dengan saluran panjang bukanlah cara yang efektif karena membutuhkan cost yang lebih banyak sehingga dibutuhkan inovasi baru berupa pengaplikasian agitator yang berfungsi untuk mempercepat penurunan temperatur air buangan.

Dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap, fluida kerja mengalami serangkaian proses *internal reversibel* yang salah satunya pindahan kalor dari fluida kerja (uap) yang mengalir pada tekanan konstan hingga mencapai cairan jenuh. Proses demikian dikenal dengan proses kondensasi. Kondensasi adalah proses peubahan uap menjadi fasa cair yang terjadi apabila uap tersebut bersentuhan melalui permukaan kontak yang temperaturnya lebih rendah daripada temperatur jenuh uap. Energi laten akan dilepas dan panas akan dipindahkan sehingga pada akhirnya terjadi perubahan fasa pada uap [3]. Cairan yang telah terkondensasi dari

[1] Korespondensi penulis: Muh. Yusuf Yunus, Telp. 082346999002, yusuf_yunus@poliupg.ac.id

uap disebut kondensat sedangkan alat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan disebut kondensor. Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air. Proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa – pipa (*tubes*). Kemudian uap akan mengalir di luar pipa – pipa (*shell side*) sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa – pipa (*tube side*). Sehingga kebutuhan air untuk pendinginan di kondensor sudah diperhitungkan dalam perencanaan agar diperoleh sumber yang memiliki persediaan yang berlimpah [7].

Secara umum sistem air pendingin mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi bahkan *live time* suatu pembangkit. Apabila temperatur air pendingin yang digunakan terlalu tinggi, maka efisiensi mekanis pembangkit akan menurun dan dikhawatirkan dapat terjadi *over-heating* pada pembangkit. Sedangkan apabila temperatur air pendingin rendah, maka efisiensi termal akan menurun [1]. sistem air-sirkulasi diperlukan untuk membuang kalor ke lingkungan dengan cara yang efesien tetapi juga dengan memenuhi peraturan tentang ketentuan baku mutu air limbah pembangkit. Sehingga sistem air-sirkulasi ini memiliki fungsi yang sangat vital bagi efisiensi instalasi-daya secara keseluruhan; karena kondensor yang beroperasi pada suhu yang serendah mungkin akan menghasilkan kerja-turbin yang maksimum dan efesiensi maksimum, namun memiliki pembuangan kalor yang minimum. Jadi dengan sistem pembuangan-kalor yang baik, pekerjaan menjadi mudah, artinya kalor yang harus dibuang lebih sedikit dan kebutuhan air-pendingin pun lebih kecil. Kalor yang dibuang dari sistem air-sirkulasi lebih besar daripada yang diubah menjadi kerja-berguna alih siklus-uap. Pada instalasi-daya yang beroperasi dewasa ini, baik yang baru maupun yang lama, kalor yang dibuang berkisar antara 1,5 sampai 3,0 kali lebih banyak pada keluaran kerja instalasi itu. Persamaannya ialah

$$\dot{Q}_R = \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)\dot{W}$$

Dimana :

$\dot{Q}_R$ = laju pembuangan kalor

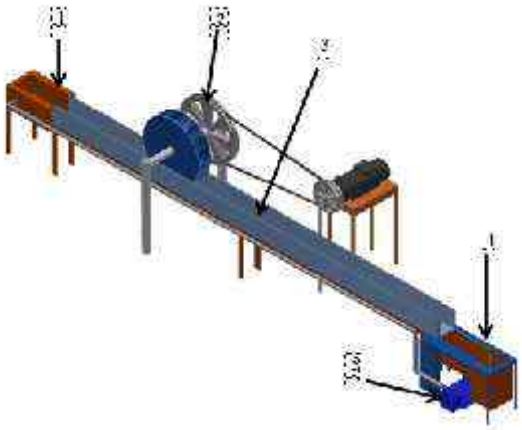
$\dot{W}$ = daya

η = efesiensi – siklus

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 4 bulan. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perancangan *waste water pit*, pembuatan dan pengujian, serta evaluasi dan penyempurnaan pengaplikasian roda air, selanjutnya dilakukan pengambilan data. Instalasi system pengujian ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema Pengujian

Keterangan :

1. Wadah *heater*
2. Roda air
3. Saluran terbuka
4. Generator
5. *Resevoir*

6. Pompa

Pengujian Tanpa Menggunakan Roda Air

1. Mengisi *reservoir* dengan air sebanyak 1500 liter.
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan air ke heater.
3. Menyalakan *heater* untuk memanaskan air sampai temperatur 50 ^{o}C.
4. Mengalirkan air melalui saluran terbuka.
5. Mengukur temperatur air dengan variasi jarak yang berbeda.
6. Mengukur laju aliran air

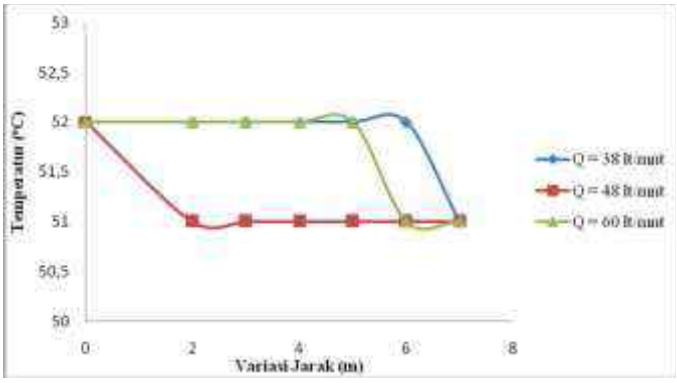
Pengujian dengan Menggunakan Roda Air

1. Mengisi *reservoir* dengan air sebanyak 1500 liter
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan air ke *heater*.
3. Menyalakan *heater* untuk memanaskan air sampai temperatur 50 ^{o}C.
4. Mengalirkan air melalui saluran terbuka.
5. Mengukur temperatur air dengan variasi jarak yang berbeda.
6. Mengukur laju aliran air.
7. Mengukur tegangan dan arus generator.
8. Mengukur putaran roda air.

Analisis Data

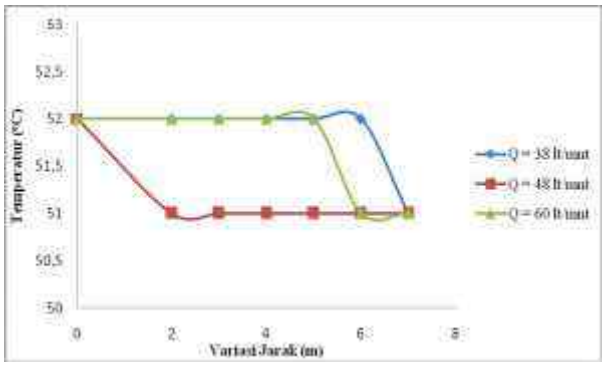
Analisis data dilakukan untuk mengetahui efek dari aplikasi agitator pada saluran terbuka terhadap temperatur aliran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



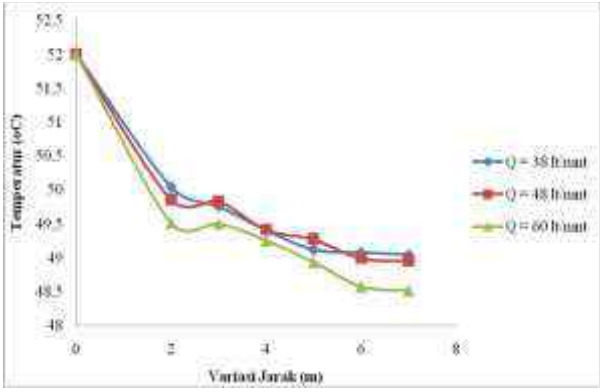
Gambar 2. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran tanpa menggunakan agitator.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa, temperatur air tanpa menggunakan roda air akan mengalami penurunan temperatur yaitu maksimal hanya sebesar 1 ^{o}C meskipun pada keadaan nilai debit yang maksimum maupun sebaliknya. Penurunan temperatur pada pengujian ini, disebabkan karena terjadinya proses penguapan air dengan suhu panas ke lingkungan dengan menggunakan sistem *open channel*. Namun penurunan temperatur dengan sistem *open channel* ini sangatlah lambat sehingga membutuhkan konstruksi yang sangat panjang untuk mencapai temperatur yang diinginkan yaitu 30 ^{o}C.



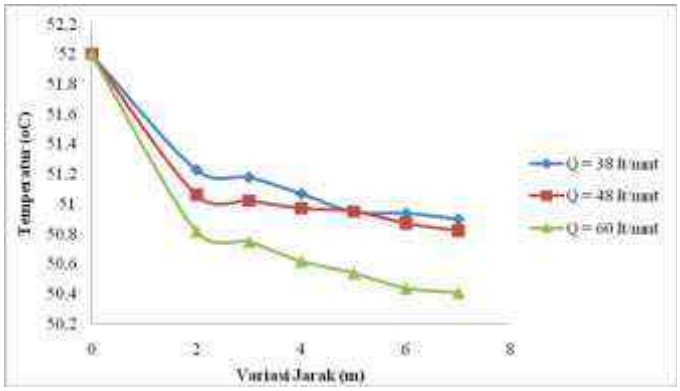
Gambar 3. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan tiga sirip yang melintang.

Terlihat pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin roda air yang memiliki sirip pada bagian sudunya mengalami penurunan temperatur yang sangat cepat sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan sirip menambah efektivitas penurunan temperatur air. Selain itu dengan memanfaatkan nilai debit yang semakin besar, maka akan semakin membantu air untuk menabrak sudu-sudu turbin yang dilengkapi sirip sehingga semakin mempercepat proses penurunan temperatur. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin besar debit air maka semakin membantu proses penurunan temperatur air.



Gambar 4. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan dua sirip yang melintang.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin roda air yang memiliki dua sirip pada bagian sudunya mengalami penurunan temperatur maksimum yaitu 48,51 ^{o}C dari temperatur awal yaitu 52 ^{o}C pada nilai debit terbesar yaitu Q = 60 lt/mnt. Sedangkan untuk penurunan temperatur terendah yaitu 49,05 ^{o}C dengan jarak pengukuran 7 m di bagian saluran terbuka pada keadaan Q = 38 lt/mnt dengan temperatur awal air setelah dipanaskan yaitu 52 ^{o}C.



Gambar 5. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan satu sirip yang melintang.

Terlihat pada Gambar 5 bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin mengalami proses penurunan temperatur yang sangat kecil, hal ini dikarenakan roda air yang digunakan hanya memiliki satu sirip pada bagian sudunya. Dimana penurunan temperatur maksimum yaitu 50,41 ^{o}C dari temperatur awal yaitu 52 ^{o}C pada nilai debit terbesar yaitu Q = 60 lt/mnt. Sedangkan untuk penurunan temperatur terendah yaitu 50,9 ^{o}C pada keadaan Q = 38 lt/mnt.

4. KESIMPULAN

Pengaruh agitator terhadap penurunan temperature air buangan pada *waste water pit* sistem PLTU yang telah di buat dalam bentuk kajian experimental sederhana pada laboratorium teknik energi telah menunjukkan bahwa penurunan temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan agitator. Dari hasil grafik dan data diperoleh penurunan temperature terhadap air buangan simulasi PLTU.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Handoyo, Ekadewi Anggraini dan Rahardjo Tirtoatmodjo. 1999. Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller. Surabaya: Universitas Eka Petra.

[2] Hasan, Achmad. 2006. *DAMPAK PENGGUNAAN KLORIN*, P3 Teknologi Konversi Energi, Deputi Teknologi Informasi Energi Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

[3] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Edisi kelima, John Wiley & Son Pte. Ltd. Singapore, 2005.

[4] Iqbal, Muhammad. 2013. *Laporan Kerja Praktek Lapangan di PLTU NII TANASA* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

[5] Martono, A. 1984. *Batasan suhu limbah air pendingin PLTU*. Diskusi ilmiah tentang Masalah limbah Air Panas, Jakarta, 17 Januari 1984. PUSLIDIK Masalah Kelistrikan, PLN: 11 hal

[6] Rakasiwi, Abryan., Rinaldi., Andy Hendri. 2016. *Pengaruh Sudu-Sudu Pada Model Kincir Air Undershoot Untuk Irigasi Pertanian*. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

[7] Rakhman, Alief. 2013. *Prinsip Kerja Kondensor*. Https://rakhman.net/power-plants-id/prinsip-kerja-kondensor. Diakses Tanggal 18 November 2018.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala P3M dan Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan penelitian ini melalui DIPA tahun anggaran 2019.

RANCANG BANGUN SISTEM PENEBAR PAKAN DAN PENGATUR LEVEL AIR SERTA SISTEM INFORMASI PADA TAMBAK IKAN LAHAN PASANG

Arman[1)], Dermawan[1)], Lewi[1)] , Abdul Kadir Muhammad[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This research aims to give a solution to fish farmers by providing a feeding system and water level controller in one of information system. The method of this research is literature study followed by designing the mechanic sub-system, electronics, and information system. The mechanics sub-system in the form of feeding system is connected to the electronics sub-system by using input output components and then controlled by the user using the information system. Data collection is done by testing while data analysis is done by regress techniques. Based on the results of research and discussion it can be concluded that the use of feeding systems and water level controller as well as information system in the form of a website and an android application can be integrated and run well to simplify the process of fish pond management.

Keywords: *fish farmer, feeding system, water level, control, information system*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Indonesia adalah negara maritim dengan luas perairan ± 3,25 juta km^2 atau lebih dari 50% dari luas total wilayah Indonesia. Luasnya wilayah perairan Indonesia menjadikan beragam profesi yang berkaitan dengan perairan dengan komoditas utama berupa ikan. Dalam 10 tahun terakhir setidaknya 8.500 kepala keluarga di Indonesia berprofesi sebagai nelayan dan tidak kurang pula yang memilih untuk menjadi petani ikan dengan membuat tambak.

Dari data survei yang dilakukan oleh BPS tahun 2009–2016, terdapat ±1,2 juta hektare lahan tambak yang tersebar di seluruh Indonesia. Tambak-tambak ini beragam jenis, mulai dari tambak mina padi, jaring apung, keramba, tambak lahan pasang surut, ataupun tambak laut. Jenis-jenis ikan yang dibudidayakan bergantung pada jenis perairan tambak, mulai dari ikan air asin, ikan air tawar, dan ikan air payau dengan perlakuan atau perawatan yang berbeda-beda.

Proses pengelolaan tambak di Indonesia mayoritas masih dilakukan secara manual. Proses-proses seperti pemberian pakan dan pengaturan level air jika dilakukan oleh manusia, secara teknis tidak efisien dan memakan waktu serta tenaga. Misalnya saja, pada saat pemberian pakan, pemberiannya tidak merata dan ada daerah yang tidak terjangkau, pemilik harus memberikan pakan secara berulang – ulang dengan cara dilempar dan secara manual memperkirakan sudah berapa banyak pakan yang telah dilemparkan. Contoh lainnya adalah pada proses pengurasan air, pada waktu pagi hari pemilik harus mengaktifkan pompa kemudian pada waktu sore hari harus ke tambak lagi untuk menonaktifkan pompa.

Pengaplikasian ilmu mekatronika, dalam hal ini instrumen otomasi berupa sistem pemberian pakan dan pengatur level air serta sistem informasi, tentu akan memberikan dampak yang menguntungkan bagi pemilik tambak dalam proses pengelolaannya.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah melaksanakan rancang bangun alat penebar pakan dan pengatur level untuk memudahkan pemilik tambak ikan dalam proses pemberian pakan pada tambak agar pakan dapat tersebar merata, pengaturan level air pada tambak secara otomatis, dan pengaplikasian sistem informasi pada tambak ikan.

1.2. Teori Dasar

1.2.1 Tambak

Tambak merupakan salah satu jenis habitat yang dipergunakan sebagai tempat untuk kegiatan budidaya air payau yang berlokasi di daerah pesisir [1]. Dikutip dari Ensiklopedia Indonesia, tambak merupakan perairan terbatas yang dikelilingi pematang, berisi air payau berasal dari laut dan muara sungai, untuk memelihara ikan laut yang tahan terhadap air payau, terutama ikan bandeng dan belenak, disamping udang dan kepiting. Pintu air petakan tambak hanya satu, untuk memasukkan dan mengeluarkan air secara

[1] *Korespondensi penulis: Nama Arman, Telp 085288886123, arman@poliupg.ac.id*

bergantian. Air hanya dapat dimasukkan pada saat ada air pasang dari laut, dan hanya dapat dikeluarkan lagi, untuk mengeringkan tambak pada saat ada air surut di laut.

Gambar 1 Tambak ikan lahan pasang di Desa Bonto Manai Kecamatan Labakkang Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan

Hewan yang dibudidayakan pada tambak adalah hewan air, terutama ikan, udang, serta kerang Sebagaimana Gambar 1. Penyebutan kata tambak itu sendiri biasanya dihubungkan dengan air payau atau air laut. Kolam yang berisi air tawar biasanya disebut kolam saja atau empang.

1.2.2 Sistem Pemberian Pakan

Sistem pemberian pakan adalah sebuah riset berkelanjutan yang sebelumnya telah dikembangkan oleh institusi-institusi yang berbeda dengan penamaan yang berbeda pula. Secara umum, sistem pemberian pakan merupakan mesin otomasi yang mengotomasikan pemberian pakan pada tambak ikan [2].

Pemberian pakan ikan yang teratur adalah salah satu hal penting dalam pembudidayaan ikan, pada umumnya masih orientasi pada sumber daya yang mengakibatkan jadwal dan ukuran yang sporadis menjadikan perbedaan setiap pemberian pakan [3]. Dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa sistem otomatisasi pemberian pakan ikan bekerja secara optimal dan bisa diimplementasikan kepada para petani tambak ikan. Peneliti sebelumnya juga melakukan penelitian yang serupa dan menyarankan untuk menambahkan sistem penggerak sehingga alat mampu menjangkau setiap sudut kolam [4].

1.2.3 Pengatur Level Air

Pengatur level air yang telah ada selama ini biasanya diaplikasikan untuk tangki - tangki air didaerah pemukiman atau industri. Pengaturan yang paling sederhana adalah pengaturan *on-off* yang umum ditemukan pada tangki - tangki air rumah tinggal [5].

Pemilihan sensor-sensor merupakan sesuatu Beralih ke yang lebih otomatis, pemanfaatan sensor yang mampu mengukur jarak biasanya lebih banyak digunakan untuk mengetahui level air sehingga pengaturan secara otomatis bisa dilakukan. Sensor-sensor ini biasanya berupa sensor ultrasonik atau inframerah [6]. Salah satu inovasi yang digunakan dalam riset ini adalah pemanfaatan teknologi pengaturan level air pada proses pergantian air tambak sehingga kondisi air tambak dapat terjaga.

1.2.4. Sistem Informasi

Sistem informasi adalah kombinasi dari teknologi informasi dan aktivitas orang yang menggunakan teknologi itu untuk mendukung operasi dan manajemen [7]. Dalam penelitian ini sistem informasi yang akan dirancang bertujuan untuk memantau kondisi pakan dalam tangki penyimpanan dan level air dan memberi perintah kepada sistem pemberi pakan dan pengatur level air agar dapat berjalan secara otomatis.

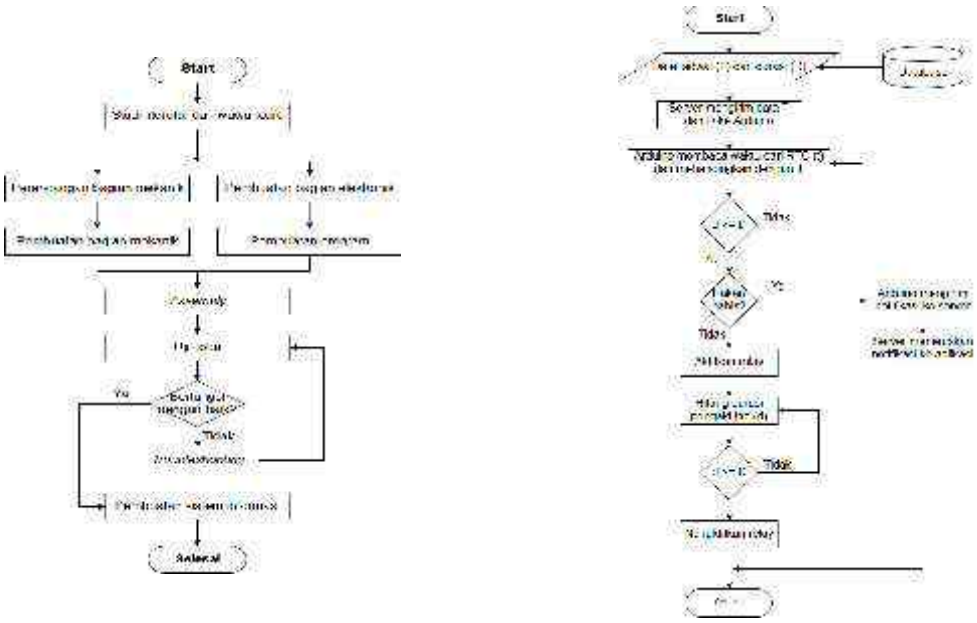
2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan perancangan serta pembuatan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mekatronika dan Sistem Otomasi Politkenik Negeri Ujing Pandang. Kegiatan uji coba dan pengambilan data dilakukan di tambak ikan salah seorang warga di Kec. Labakkang, Kab. Pangkep. Waktu pelaksanaan penelitian dilaksankan bulan Februari sampai dengan November 2019.

2.2. Prosedur Perancangan

Prosedur perancangan yang disusun dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



(a) (b)

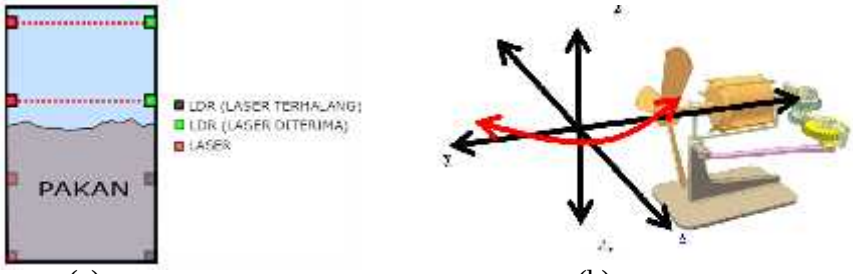
Gambar 2 (a) *Flowchart* pelaksanaan penelitian dan (b) Diagram alur sistem pakan

2.2.1 Perancangan dan Pembuatan Sistem Pakan

Sistem pakan yang akan dibuat berupa mesin pemberi pakan otomatis yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tangki, pelontar dan pemutar pelontar. Mesin diatur untuk bekerja secara otomatis berdasarkan waktu dan durasi yang ditetapkan oleh pengguna (pemilik tambak) melalui aplikasi android atau website.

Tangki penyimpanan pakan dibuat dari drum air dengan diameter 38cm dan tinggi 65cm. Pada bagian bawah tangki akan diberi mekanisme agar pakan dapat diarahkan ke pelontar secara tetap dan juga mekanisme buka tutup untuk mengatur aliran pakan ke pelontar.

Di dalam tangki juga ditempatkan empat pasang laser dengan LDR. Masing-masing laser akan menembakkan cahaya ke LDR. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui banyaknya pakan yang ada di dalam tangki. Ke empat pasang sensor-laser ini mewakili level “penuh”, “cukup”, “kurang”, dan “habis”.



(a) (b)

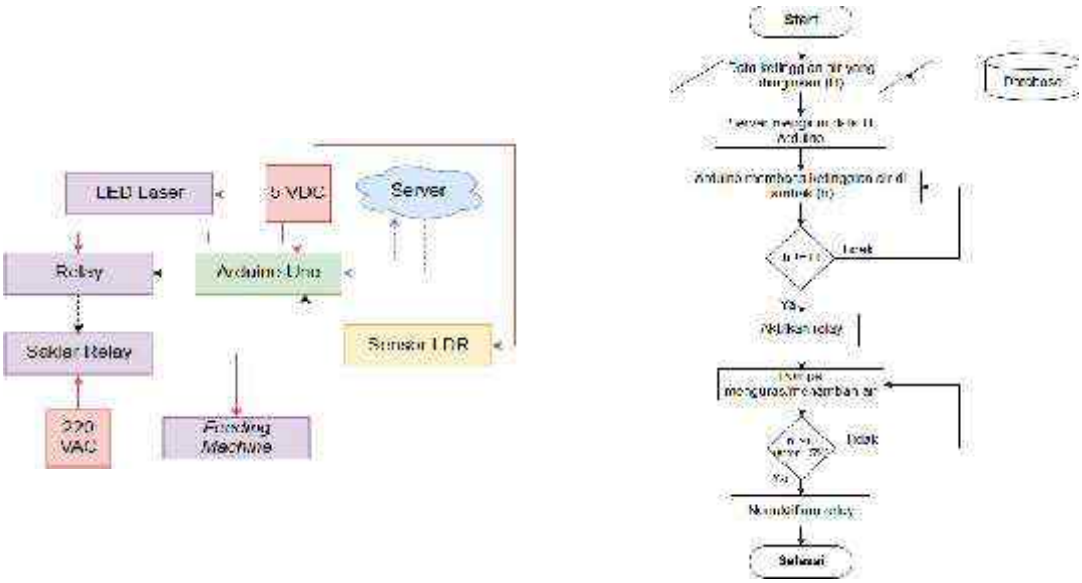
Gambar 3 (a) Pengukuran level pakan dalam tangki dan (b) Ilustrasi mekanisme pelontar pakan

Pelontar pakan dibuat dari dinamo kipas angin dan memanfaatkan mekanisme yang sama dengan mekanisme kipas angin. Dengan mengganti memasangkan impeller pada dinamo, pakan yang diarahkan ke pelontar dari tangki akan dilempar keluar pada arah sumbu x (Gambar 3 (b)).

Penggunaan dinamo kipas memungkinkan sumbu x berputar terhadap sumbu z sehingga arah lemparan pakan tidak hanya mengarah pada satu arah saja melainkan dapat diputar ±180° (garis merah). Hal ini dimaksudkan agar pemberian pakan lebih merata dan menjangkau area - area yang tidak bisa dijangkau jika arah lemparan dibiarkan statis.

2.2.2 Perancangan dan Pembuatan Pengatur Level Air

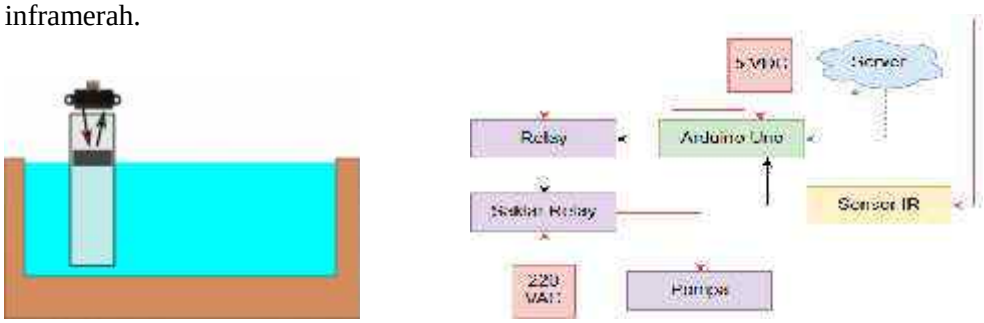
Pengatur level air dibuat dengan tujuan agar pemilik tambak tak lagi perlu ke tambak untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara manual. Dengan adanya pengatur level air, pemilik tambak hanya perlu menginput ketinggian air yang diinginkan. Gambar 4 menunjukkan diagram alur pengatur level air.



(a) (b)

Gambar 4 (a) Diagram Blok Sistem Pakan dan (b) Diagram Alur Pengatur Level Air

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian adalah sensor inframerah. Agar inframerah dapat dipantulkan secara tepat, dibuat suatu perangkat berupa tabung. Tabung ini berisi benda apung yang akan memantulkan inframerah.



(a) (b)

Gambar 5 (a) Ilustrasi sensor ketinggian air, dan (b) Diagram blok pengatur level air

2.2.3 Pembuatan Sistem Informasi

Adapun langkah - langkah yang akan dilakukan dalam proses pembuatan sistem informasi adalah mengatur perangkat *Raspberry Pi* agar bisa dijadikan sebagai server, membuat desain halaman *website* menggunakan *editor teks Visual Studio Code*, Membuat *script backend* untuk server, membuat desain aplikasi android menggunakan Android Studio, membuat program untuk aplikasi android, integrasi sistem pemberian pakan dan pengatur level air ke sistem informasi, dan Uji coba.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1 Sistem Pemberian Pakan

Gambar 6 Alat Sistem Pemberian Pakan Secara Utuh Dan Bagian-Bagiannya

Sistem pemberian pakan terdiri dari 3 bagian utama sebagaimana ditunjukkan Gambar 6, yaitu tangki, pelontar pakan dan penyangga.

1) Tangki
   Tangki terbuat dari bahan plastik dengan volume ±80 liter. Untuk mengetahui jumlah/persentase pakan dalam tangki, pada tutup tangki dipasangkan satu sensor ultrasonik yang mengukur ketinggian pakan dalam tangki tersebut. Nilai ketinggian inilah yang kemudian dikirim ke kontroller untuk diteruskan ke pengguna melalui sistem informasi yang tersedia.
2) Pelontar pakan
   Pelontar pakan terdiri dari beberapa komponen yaitu, body, motor pelontar, *propeller*, dan pengatur masukan. Pada saat motor berputar, pengatur masukan juga berputar sehingga pakan yang ada dalam tangki dapat turun ke kotak pelontar dan kemudian dilontarkan oleh *propeller*.
3) Penyangga
   Penyangga merupakan badan sistem secara keseluruhan. Tangki pakan diletakkan pada bagian yang telah dibuat seperti corong di bagian atas penyangga. Gigi pada bagian bawah pelontar pada saat terpasang terhubung dengan gigi *power window* sehingga arah lontaran dapat diatur.

Pengujian sistem pemberian pakan dilaksanakan di dua lokasi, masing-masing pengujian pertama dilaksanakan di tambak ikan salah seorang warga di Desa Bonto Manai Kec. Labakkang Kab. Pangkep Sulawesi Selatan dan pengujian kedua di Kolam Kantin PNUP. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali dengan berat pakan 100 gram setiap percobaan. Pada saat dilakukan pengujian di lokasi tambak jarak lempar terjauh selama percobaan 7 – 11 m. Sehubungan dengan beberapa kendala teknis pada alat selanjutnya diadakan beberapa perbaikan pada pelontar pakan. Pengujian kedua di kantin PNUP jarak lemparan terjauh selama 5 kali percobaan 9 – 12 m.

Adapun waktu yang diperlukan merupakan waktu dari awal pelontaran pakan sampai pakan habis. Tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan pada waktu pelontaran, waktu yang dibutuhkan berkisar antara 7 – 11 detik. Berdasarkan pengujian jarak terjauh dan waktu pelontaran bisa dilihat dengan adanya konsistensi jarak dan waktu pelontaran maka memberikan indikasi bahwa sistem pemberian pakannya sudah berfungsi dengan baik.

3.1.2 Pegukur Level Air

Pengukur level air terbuat dari pipa paralon berdiameter 2½ inch dengan panjang ±50cm. Pada salah satu ujung pipa terpasang sensor ultrasonik yang terhubung ke Arduino untuk mengukur tinggi air. Masukan sensor tersebut merupakan sumber perintah bagi mikrokontroler Arduino dengan menggunakan metode yang sama dengan penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya [8].

Adapun pengujian pengukur level air hanya laksanakan di Laboratorium Mekatronika dan Sistem Otomasi karena pada saat di lokasi tambak terjadi kerusakan pada sistem pengukur air. Setelah dilaksankan perbaikan pengambilan data dilakukan dengan cara melihat nilai pembacaan sensor yang tampil pada sistem informasi setiap 10 menit. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Konsistensi Pengukuran Level Air

No	Jam	Tinggi Air [cm]
1	14:00	18
2	14:10	18
3	14:20	18
4	14:30	18
5	14:40	18
6	14:50	18

Berdasarkan data dari Tabel 4.2 tidak terjadi perubahan pembacaan pengukuran level air sama sekali hal ini memberikan indikasi kalau sensor dan pembacaan pengukur level ketinggian air berfungsi dengan baik.

3.1.3 Sistem Informasi Situs Web

Sistem informasi dibuat dalam dua bentuk, yaitu website dan aplikasi native android sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 Perbedaan antara kedua sistem informasi ini yaitu, pada website terdapat lebih banyak fungsi seperti fungsi registrasi dan fungsi-fungsi CRUD lainnya, misalnya fungsi registrasi tambak baru, registrasi peralatan baru, akun dsb. Sedangkan untuk aplikasi android dibatasi hanya untuk sekedar monitoring, mengubah jadwal dan level air.

Gambar 7 Halaman Utama *(Landing Page)* inframerah.

Adapun pengujian untuk melihat kinerja situs web dilaksanakan di lokasi tambak dan di Laboratorium Teknik Mekatronika dan Sistem Otomasi PNUP. Pengujian dilakukan dengan menambahkan data mengenai waktu dalam program pada saat data tersebut dikirim dan mengambil data waktu pada saat data tersebut diterima. Baik waktu pengiriman maupun waktu penerimaan disajikan dalam bentuk jam, menit, dan detik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang dikirim diterima oleh website maupun aplikasi pada android dengan baik. Data dikirim setiap detik dalam satu menit sebanyak 60 data diterima oleh sistem informasi dengan baik dimana hasil pengujian menunjukkan waktu jeda dari 10 data pengiriman sangat akurat pembacaannya waktu jeda hanya 0.1 detik. Hal tersebut menunjukkan sistem mekanik, elektronik dan sistem informasi pada alat penebar pakan dan pengatur level air ini dapat terintegrasi dan berfungsi dengan baik.

4. KESIMPULAN

1. Alat dan sistem pemberian pakan dapat berfungsi dengan baik dengan adanya data secara konsisten baik jarak maupun waktu pelontaran,
2. Alat dan sistem pengukur level air dapat diukur dengan menggunakan sensor ultrasonik dan dibaca oleh kontroler yang kemudian data tersebut dapat teraplikasi dengan baik,
3. Sistem informasi dapat terintegrasi dan berfungsi dengan baik antara operator dengan alat pemberian pakan dan alat pengukur level air dalam dua bentuk website dan aplikasi android.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Sulardiono, Supriharyono, dan Susanti, "*Kajian Tentang Pertumbuhan Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskall) pada Tambak Sistem Silvofishery dan Non Silvofishery di Desa Pesantern Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang", Journal of Management of Aquatic Resources*, 1(2):81-86, 2013.

[2]. Witono, "*Perancangan Pemberian Pakan Ikan Secara Otomatis dan Manual Berbasis Raspberry Pi"*, Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, 22 Agustus 2017.

[3]. Ojo, Ko dan OA Bernard, *Design and Construction of Automatic Fish Feeder using Atmel 8052 Microcontroller*. Journal of Applied Science, Environment, and Management. 22(7):1013-1016, 2018.

[4]. S. Wahyuni, Mudarris, A. Askar, S. Reski Ayusnin, dan S.G. Zain, "*PAPAKINOTO (Penebar Pakan Ikan Otomatis) Upaya Peningkatan Produksi dan Efisiensi Waktu Budidaya Tambak Ikan Air Tawar Masyarakat Belawa Kabupaten Soppeng"*, Jurnal Pendidikan Teknologi Pertaninan, Vol. 4:42-49, 2018.

[5]. Ahmadil Amin, *"Monitoring Water Level Control Berbasis Arduino Uno Menggunakan LCD LM016L"*, Jurnal EEICT, Vol. 1, p 41-52, Tahun 2018.

[6]. C. Anyanwu, M. Constantine, E.C. Anoliefo, *"Design And Implementation Of A Water Level Controller"*, Nigerian Journal of Technology, Vol. 31, No. 1, pp. 89–92, March, 2012.

[7]. Jogiyanto H.M, *Analisis dan Disain Sistem Informas*i. Yogyakarta, Andi, 1999.

[8]. Arman, A.K. Muhammad, "*Rancang Bangun Alat Ukur Emisi Gas Buang Yang Terintegrasi Komputer Untuk Kendaraan Ringan"*, Prosiding SNP2M, pp.232-238, Tahun 2018.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Kemenristek DIKTI yang telah memberikan pendanaan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk melaksanakan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masayarakat tahun 2019.

Terima Kasih juga kami sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membiayai penelitian ini dengan Nomor Kontrak: No. 020/PL10.13/PL/2019, Tgl 1 April 2019.

PEMANFAATAN MAGNET NdFe PADA ALTENATOR MOBIL

Andreas Pangkung[1)], Marhatang[2)]
[1)]*Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, PNUP*
[2)]*Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, PNUP*
.

ABSTRAK

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu sumber listrik yang terdapat pada kendaraan berfungsi untuk stater dan kompenan listrik kendaraan. Baterai (aki) menjadi sumber listrik untuk memenuhi sistem kelistrikan pada mobil, namun baterai hanya sebagai tempat penyimpanan muatan listrik.Maka dari itu, terdapat alternator sebagai pembangkit listrik untuk mengisi baterai.Alternator pada mobil menggunakan magnet buatan pada rotornya yang masih membutuhkan eksitasi.Oleh karena itu, mendorong penulis untuk menganalisis perbandingkan alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan.Permasalahan yang timbul adalah bagaimana perbandingan putaran, tegangan, dan daya output pada alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui perbandingan daya output terbangkit pada alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan. Metode Penelitian dan Pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan, pada putaran yang sama alternator dengan magnet permanen membangkitkan daya output lebih besar daripada magnet buatan. Akan tetapi, pada putaran yang sama motor membutuhkan daya input yang lebih besar untuk memutar alternator saat menggunakan magnet permanen. Ketika tegangan output alternator sama, putaran pada alternator menggunakan magnet permanen lebih rendah.

Kata kunci : Alternator, Magnet permanen, Magnet buatan

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu sumber listrik yang terdapat pada kendaraan. Setiap kendaraan selalu membutuhkan tenaga listrik seperti saat kendaraan distater dan saat menggunakan peralatan bantu lainnya pada mobil yang menggunakan energi listrik tidak dapat difungsikan. Oleh karena itu di dalam mobil dibutuhkan suatu sistem yang dapat memenuhi fungsi dari sistem kelistrikan pada mobil yaitu komponen berupa *battery* atau aki, sehingga dapat meyuplai arus pada komponen-komponen yang membutuhkan listrik. Dalam hal ini karena *battery* hanya merupakan tempat penyimpanan energi listrik. Untuk itu, dalam sistem pengisian dilengkapi dengan suatu alternator yang berfungsi untuk menghasilkan sumber listrik yang digerakkan oleh *V - belt.* Jika penggunaan tenaga listrik dilakukan secara terus menerus tanpa dilakukan pengisian kembali, dapat dipastikan kemampuan *battery* akan menurun atau tegangan menjadi lemah. Oleh karena itu, sistem pengisian sangat dibutuhkan pada setiap kendaraan, dengan maksud mengembalikan kapasitas *battery* pada kondisi *full charge* disamping harus menggantikan fungsi *battery* selama mesin hidup.

Sistem pengisian mempunyai beberapa tipe, yaitu sistem pengisian tipe titik kontak atau yang biasa disebut dengan tipe mekanik dan sistempengisian dengan menggunakan IC regulator. Kedua tipe tersebut mempunyai prinsip dasar yang sama, akan tetapi mempunyai beberapa perbedaan dalam segi komponen dan rangkaian kelistrikan. Perbedaan pokok bahwa regulator IC pemutusan arus dilakukan oleh IC, sedangkan pada tipe titik kontak atau mekanik dilakukan oleh relay. Berikut adalah kelebihan dari sistem pengisian dengan menggunakan IC regulator:

Alternator pada kendaraan umumnya menggunakan magnet buatan, dimana membutuhkan sumber listrik sebagai pemberian arus listrik untuk membuat kutub magnet pada alternator (eksitasi). Ketika *battery* kendaraan habis, maka dibutuhkan suplai dari luar sebagai eksitasi pada alternator. Saat alternator tidak mendapatkan suplai dari luar, sistem pengisian tidak akan berfungsi. Hal ini akan membuat sistem kelistrikan pada kendaraan tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, dalam hal ini mendorong penulis untuk menganalisis perbandingan altenator menggunakan magnet buatan dan magnet permanen.

Pada alternator mobil daya terbangkit berubah-ubah, hal ini disebabkan putaran pada mesin tidak konstan.Oleh karena itu daya yang dibangkitkan itu harus dapat diredam, maka dari itu alternator mempunyai konstruksi yang sederhana, dan selain itu terdapat beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan dynamo. Kelebihan pada alternator ialah tidak terdapat bunga api antara sikat- sikat dan *slip ring*, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus. Rotornya lebih ringan dan tahan terhadap

[1] Korespondensi penulis: Andreas Pangkung, Telp. 081342693776, andreaspangkung@gmail.com

putaran tinggi, dan *silicon diode(rectifer)* mempunyai sifat pengarahan arus, serta dapat mencegah kembalinya arus dari baterai ke alternator. Untuk mencegah kesalahpahaman, sebenarnya generator arus bolak – balik menghasilkan arus searah seperti dynamo arus searah dengan mempergunakan beberapa dioda. Disini alternator dapat disamakan dengan generator arus bolak–balik. Seperti terlihat pada gambar 1, pada saat magnet digerakan dekat kumparan akan timbul gaya electromagnet pada kumparan. Arah tegangan yang dibangkitkan pada saat magnet bergerak mendekat atau menjauhi kumparan jugaberlawanan. Besarnya tegangan yang akan dibangkitkan akan meningkat sesuai dengan meningkatnya gaya magnet dan kecepatan gerak magnet.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengambilatn data dilakukan di Laboratorium Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, dilakukan pada bulan April 2019.

B. Alat dan Bahan

1. Alternator

Gambar 2.1 AlternatorGambar

Baterai	Volume elektrolit		1.25 sampai 1.29 pada 20°C (68°F)
	Voltase		24.0 sampai 25.0 V pada 20°C (68°F)
Sirkuit pengisian tanpa beban	Arus		10 A atau kurang
	Voltase		27.5 sampai 28.5 V
Sirkuit pengisian dengan beban	Arus		30 A atau lebih
Brush holder generator assembly	Panjang brush yang kelihatan	Standar	21.0 mm (0.827 in.)
		Minimum	7.0 mm (0.276 in.)
Generator rotor assembly	Tahanan	Open circuit	12.5 Ω pada 20°C (68°F)
		Masa	1 MΩ atau lebih tinggi
	Diameter slip ring	Standar	34.5 mm (1.358 in.)
		Minimum	33.5 mm (1.319 in.)

Gambar 2.2 *Name plate* alternator

1. Rotor

   Rotor yang digunakan menggunakan magnet buatan dan magnet permanen sebagai perbandingan.
2. Tachometer

   Tachometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya putaran yang terjadi pada poros.Alat ini juga dibaca pada tampilan digital dan analog.
3. Multimeter

   Multimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan, arus, daya, dan tahanan ketika pengujian.
4. Motor Listrik

   Motor listrik merupakan alat sebagai penggerak alternator pada pengujian dengan cara meng-*couple*, motor listrik yang digunakan adalah motor listrik *dc*.
5. Regulator

   Regulator digunakan untuk mengatur tegangan dari *power supply*, regulator yang digunakan adalah regulator 3 *phase* .

B. Langkah-langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian pada analisis alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan terbagi dua, yaitu :

1. Perancangan Mekanik

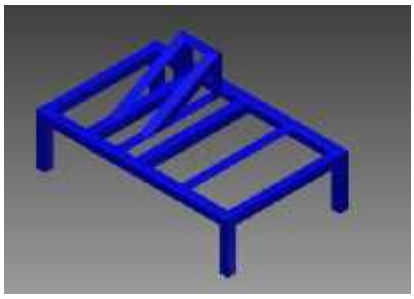
a) Rotor dengan magnet permanen

Pada perancangan dilakukan penambahan rotor dengan ukuran yang sama dengan ukuran rotor asli pada alternator yang digunakan, dengan menggunakan 12 buah magnet permanen yang dipasang pada setiap sudu.

Gambar 2.8 Rotor dengan magnet permanen

b) Rangkaalternator dan motor

Pada perancangan dibuat rangka sebagai rumah alternator dan motor agar motor dapat dihubungkan dengan alternator menggunakan*v-belt*.



Gambar 2.9 Rangka alternator dan motor penggerak

2. Pengujian

a) Persiapan Sebelum Pengujian

- Memeriksa kelayakan setiap komponen yang akan digunakan.
- Menghubungkan motor listrik dengan alternator yang menggunakan magnet buatan.
- Merangkai rangkaian alat ukur untuk pembacaan tegangan dan arus.

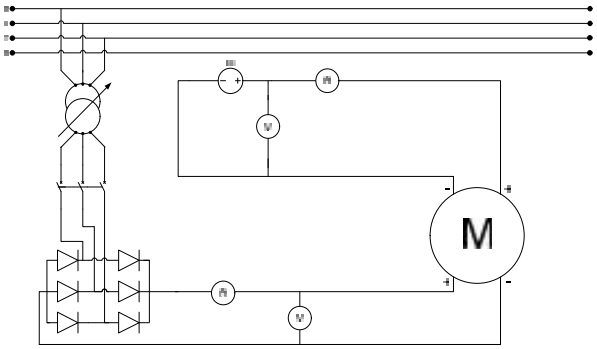
b) Prosedur pengujian

- *ON*-kan MCB pada *power supply*.
- Naikkan tegangan menggunakan regulator hingga mencapai putaran pada motor listrik sebesar 500 rpm.
- Mencatat tegangan dan arus *input* motor, *input* alternator (pada magnet buatan), dan *output* alternator.
- Naikkan tegangan hingga mencapai putaran 1000 rpm.

- Mencatat tegangan dan arus *input* motor, *input* alternator (pada magnet buatan), dan *output* alternator.
- Dilakukan seterusnya secara berulang hingga mencapai putaran 3000 rpm pada motor listrik.
- Menurunkan tegangan hingga mencapai batas minimum (0 Volt)
- *OFF*-kan MCB pada *power supply*.
- Mengganti rotor pada alternator dengan rotor yang menggunakan magnet permanen.
- *ON*-kan MCB pada *power supply*.
- Melakukan kembali percobaan kedua hingga percobaan keenam
- Menurunkan tegangan hingga mencapai batas minimum (0 Volt)
- *OFF*-kan MCB pada *power supply*.

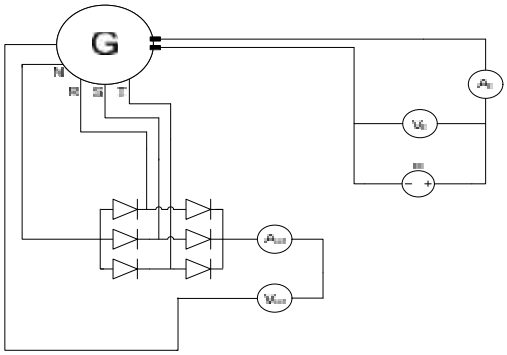
3. Diagram Rangkaian

a) Rangkaian motor penggerak



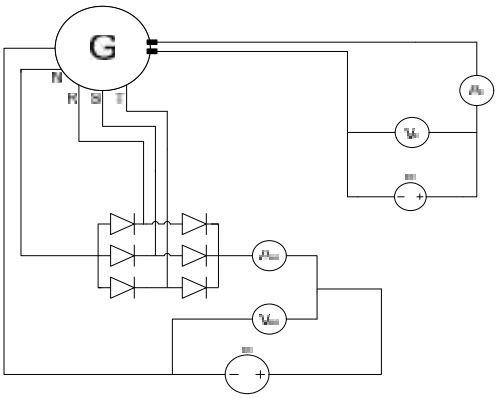
Gambar 2.10 Diagram rangkaian motor penggerak

b) Rangkaian alternator tanpa beban



Gambar 2.11 Diagram rangkaian alternator tanpa beban

c) Rangkaian alternator berbeban



Gambar 2.12 Diagram rangkaian alternator berbeban

C. Teknik Analisis Data

Pada penelitian tugas akhir ini harus terdapat rancangan penelitian, sehingga mempermudah peneliti bagaimana penelitian ini akan dilakukan. Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan. Metode Penelitian dan Pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Pengujian menggunakan magnet permanen tanpa beban

Dari data yang diperoleh dapat dianalisis daya ouput alternator pada putaran 500 rpm hingga putaran 2500 rpm.Sebagai contoh, diambil data pertama dari tabel hasil analisis data menggunakan magnet permanen tanpa beban pada lampiran 1.

- Pada motor dc

  $P_{Min} = V_{Min} \times I_{M\ in}$
  $= 18\ V \times 6.4\ A$
  $P_{M\ in} = 115.2\ W$

- Pada alternator

  $P_{A\ out} = V_{A\ out} \times I_{A\ out}$
  $= 8\ V \times 0\ A$
  $P_{A\ out} = 0\ W$

Dengan cara yang sama diperoleh hasil analisis dari data yang lain, dapat dilihat pada lampiran 1.

2. Pengujian menggunakan magnet permanen berbeban

Dari data yang diperoleh dapat dianalisis daya ouput alternator pada putaran 500 rpm hingga putaran 2500 rpm.Sebagai contoh, diambil data pertama dari tabel hasil analisis data menggunakan magnet permanen tanpa beban pada lampiran 1.

- Pada motor dc

  $P_{M\ in} = V_{Min} \times I_{M\ in}$
  $= 18\ V \times 6.6\ A$
  $P_{M\ in} = 118.8\ W$

- Pada alternator

  $P_{A\ out} = V_{A\ out} \times I_{A\ out}$
  $= 12\ V \times 2\ A$
  $P_{A\ out} = 24\ W$

- Efisiensi

  $\eta = (P_{A\ out} / P_{M\ in}) \times 100\%$
  $= (24\ W / 118.8\ W) \times 100\ \%$
  $\eta = 20.20\ \%$

Dengan cara yang sama diperoleh hasil analisis dari data yang lain, dapat dilihat pada lampiran 1.

3. Pengujian menggunakan magnet buatan tanpa beban

Dari data yang diperoleh dapat dianalisis daya ouput alternator pada putaran 500 rpm hingga putaran 2500 rpm.Sebagai contoh, diambil data pertama dari tabel hasil analisis data menggunakan magnet permanen tanpa beban pada lampiran 1.

- Daya pada motor dc

  $P_{M\ in} = V_{Min} \times I_{M\ in}$
  $= 15\ V \times 6.2\ A$
  $P_{M\ in} = 93\ W$

- Daya input total $P_{A\ in} = 60\ W$

  $\Delta P_{in} = P_{M\ in} + P_{A\ in}$
  $= 93\ W + 60\ W$
  $\Delta P_{in} = 153\ W$

- Daya pada alternator
  - ► Daya input

    $P_{A\ in} = V_{A\ in} \times I_{A\ in}$
    $= 12\ V \times 5\ A$

  - ► Daya output

    $P_{A\ out} = V_{A\ out} \times I_{A\ out}$
    $= 8\ V \times 0\ A$
    $P_{A\ out} = 0\ W$

Dengan cara yang sama diperoleh hasil analisis dari data yang lain, dapat dilihat pada lampiran 1.

4. Pengujian menggunakan magnet buatan berbeban

Dari data yang diperoleh dapat dianalisis daya ouput alternator pada putaran 500 rpm hingga putaran 2500 rpm.Sebagai contoh, diambil data pertama dari tabel hasil analisis data menggunakan magnet permanen tanpa beban pada lampiran 1.

- Daya pada motor dc

  $P_{M\ in} = V_{Min} \times I_{M\ in}$
  $= 15\ V \times 5.8\ A$
  $P_{M\ in} = 87\ W$

- Daya pada alternator
  - ► Daya inputη

    $P_{A\ in} = V_{A\ in} \times I_{A\ in}$
    $= 12\ V \times 5\ A$
    $P_{A\ in} = 60\ W$

  - ► Daya output

    $P_{A\ out} = V_{A\ out} \times I_{A\ out}$
    $= 10\ V \times 2\ A$

- Daya input total

  $\Delta P_{in} = P_{M\ in} + P_{A\ in}$
  $= 87\ W + 60\ W$
  $\Delta P_{in} = 147\ W$

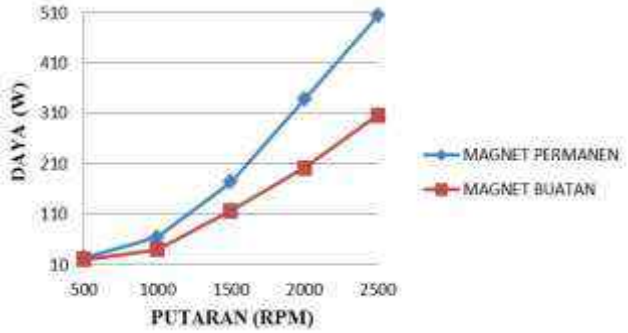
- Efisiensi

  $= (P_{A\ out} / P_{M\ in}) \times 100\%$
  $= (20\ W / 87\ W) \times 100\ \%$
  $\eta = 13.61\ \%$

$P_{A\ out}$ = 20 W

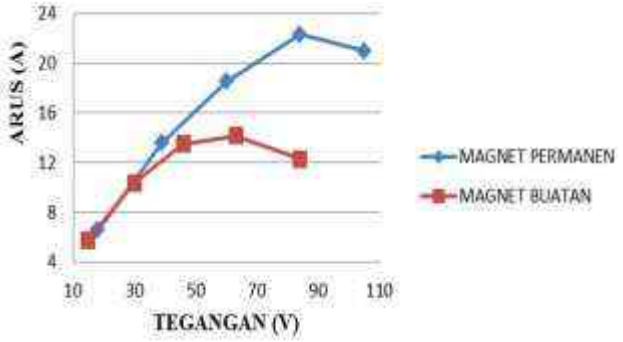
Dengan cara yang sama diperoleh hasil analisis dari data yang lain, dapat dilihat pada lampiran 1.

B. Pembahasan



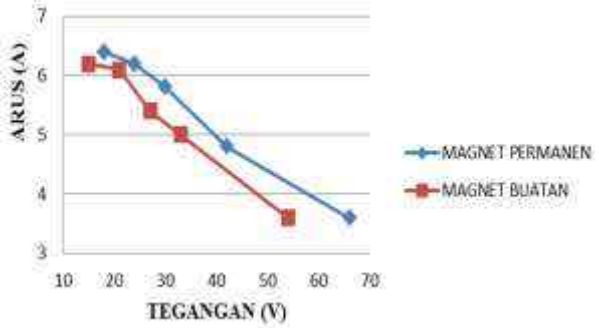
Gambar 3.1 Grafik hubungan daya output dan putaran pada alternator berbeban.

Pada grafik menjelaskan bahwa semakin tinggi putaran maka semakin tinggi daya yang terbangkitkan baik saat menggunakan magnet permanen maupun magnet buatan. Akan tetapi, daya yang terbangkitkan magnet permanen lebih tinggi dibandingkan magnet buatan diputaran yang sama. Dimana pada putaran akhir 2500 rpm magnet permanen menghasilkan daya sebesar 504 watt, sedangkan pada magnet buatan 306 watt.



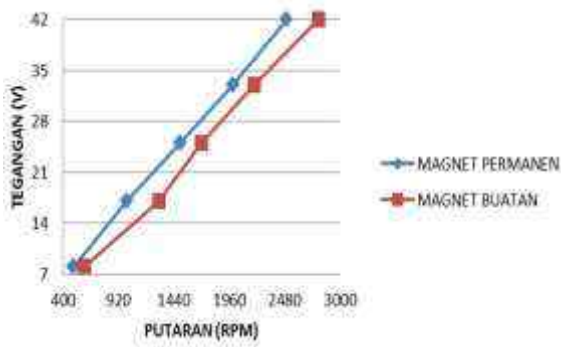
Gambar 3.3 Grafik hubungan tegangan dan arus input pada motor saat alternator berbeban.

Pada grafik menjelaskan tegangan dan arus yang dibutuhkan motor untuk memutur alternator menggunakan magnet permanen lebih besar dari alternator menggunakan magnet buatan. Dimana, saat menggunakan magnet permanen data terakhir pada putaran 2500 rpm membutuhkan tegangan 105 volt dan arus 21 ampere. Sedangkan untuk magnet buatan, membutuhkan tegangan 84 volt dan arus 12.3 ampere.



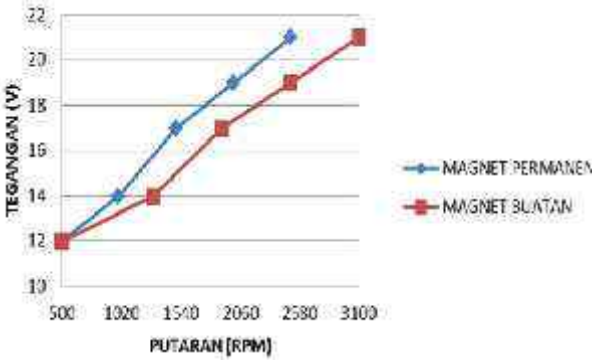
Gambar 3.4 Grafik hubungan tegangan dan arus input pada motor saat alternator tanpa beban.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangan input pada motor yang digunakan untuk memutar alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan, maka semakin rendah arus input. Tegangan dan arus input motor pada alternator dengan magnet permanen lebih tinggi dari magnet buatan, hal ini disebabkan karena medan magnet yang terjadi pada magnet permanen lebih besar dari magnet buatan. Dapat dilihat pada data terakhir pengujian pada magnet permanen, motor membutuhkan tegangan input 66 volt dan arus input 3.6 ampere. Sedangkan pada magnet buatan tegangan input 54 volt dan arus input 3.6 ampere.



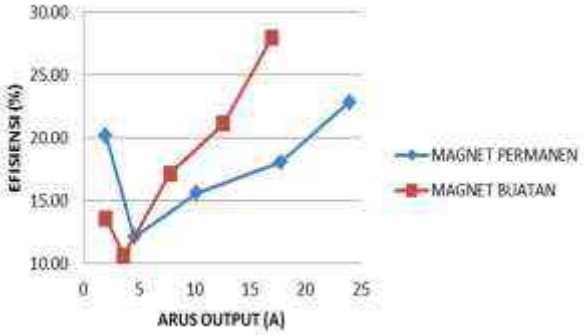
Gambar 3.6 Grafik hubungan tegangan output dan putaran pada alternator tanpa beban.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa semakin tinggi putaran alternator maka semakin tinggi tegangan dibangkitkan. Pada grafik terlihat, saat pengujian menggunakan magnet permanen putaran lebih rendah dari magnet buatan dengan tegangan output dibangkitkan alternator sama. Dapat dilihat pada data terakhir tegangan output 42 V dengan magnet permanen membutuhkan putaran 2500 rpm, sedangkan untuk magnet buatan membutuhkan putaran 2800 rpm.



Gambar 4.7Grafik hubungan tegangan output dan putaran pada alternator berbeban.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa semakin tinggi putaran alternator maka semakin tinggi tegangan dibangkitkan. Pada grafik terlihat, saat pengujian menggunakan magnet permanen putaran lebih rendah dari magnet buatan dengan tegangan output dibangkitkan alternator sama. Dapat dilihat pada data terakhir tegangan output 21 V dengan magnet permanen membutuhkan putaran 2500 rpm, sedangkan untuk magnet buatan membutuhkan putaran 3100 rpm.



Gambar 3.10 Grafik hubungan efisiensi dengan arus output pada alternator berbeban.

Grafik diatas menjelaskan bahwasemakin tinggi arus output alternator maka semakin tinggi pula efisiensi, tapi untuk data pertama pada magnet permanen maupun magnet buatan memiliki efisiensi cukup besar sehingga efisiensi menurut pada data kedua.Dapat lihat pada data pertama pengujian mnggunakan magnet buatan efisiensi13,61% dan untuk magnet permanen efisiensi 20,20 %. Pada data keduamenurun saat menggunakan magnet buatanefisiensi 10,65% danuntuk magnet permanen 12,14 %. Kemudian, data selanjutnya efisiensisaat menggunakan magnet buatan dan magnet permanenakan terus meningkat hingga data terakhir.

Berdasarkan hasil pengujian daya output alternator menggunakan magnet permanen lebih besar, hal ini dikarenakan tegangan dan arus output besar. Alternator dengan magnet buatan menggunakan IC regulator

sebagai pengontrol excitasi yang berpengaruh terhadap output dari alternator. Saat menggunakan magnet permanen tegangan output yang besar belum dapat dikontrol sesuai kebutuhan komponen listrik pada mobil, hal tersebut dapat membuat komponen pada mobil rusak.

Panas yang diakibatkan arus output yang besar dan gesekan pada bantalan alternator pada pengujian dapat menyebabkan magnet permanen kehilangan medan magnet. Salah satu kelemahan dari magnet permanen ialah ketika mendapat panas yang berlebih atau dibakar, membuat sifat kemagnetan pada magnet permanen akan hilang.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian alternator menggunakan magnet permanen dan magnet buatan, didapatkan beberapa perbandingan dengan parameter yang berbeda. Adapun kesimpulannya sebagai berikut :

1. Pada putaran yang sama, alternator dengan magnet permanen membangkitkan daya output lebih besar tetapi motor penggerak membutuhkan daya input yang lebih besar.
2. Alternator menggunakan magnet permanen tidak dapat digunakan pada mobil disebabkan belum terdapat pengontrol tegangan output dan panas yang terjadi dapat menghilangkan sifat kemagnetan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraini Rivalia,Dkk.2013. Listrik Magnet. Jember

Chasbulla Wahib, Dkk. 2018. Magnet dan Medan Magnet Tidak Diterbitkan

Honda. 2002. *Technical Information Guide.* Jakarta: Honda Motor Co., Ltc.

Juhardi, Eng Dipel.2013. Generator Semester 3. Tidak Diterbitkan

Khusnussairi M.2013.Pengujian Sistem Pengisian Pada Mesin Honda Jazz Tipe L13A.Semarang.

Nippondenso. 1980. *Alternator*. Semarang.

Noprizal Leo,Dkk. 2016. Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah.Banda Aceh

Setiono, Puji. 2006. Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Semarang.

Wigraha, Arya dkk. 2017. Pengembangan Alternator Ganesha *Electric Vehicles* 1.0 Generasi I

Yayat Supriatna.Sumarsono. 1998. *Listrik Otomotif 1*. Bandung : Angkasa.

PENGARUH SUHU HIDROLISIS TERHADAP SIFAT FISIKO-KIMIA MALTODEKSTRIN DARI PATI SAGU

Budi Santoso[1)], Zita L. Sarungallo[1)], Angela Myrra Puspita Dewi[1)]
[1)] *Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua, Manokwari (98314)*

ABSTRACT

The purpose of this study was to obtain the optimum of hydrolysis temperature on the maltodextrin characteristics of sago starch by enzymatic with Liquozyme Supra 4.5X. The suspension of sago starch was prepared in 20%. This research was conducted with four treatments, A = hydrolysis for 30 minutes at 80°C; B = hydrolysis for 40 minutes at 80°C; C = hydrolysis for 40 minutes at 90°C; and D = hydrolysis for 25 minutes at 90°C. The results showed that the treatment A and B had granules that similar to standard maltodextrin. Range of total sugar and reducing sugar levels were 2.30 - 6.11% and 0.35 - 4.54%, respectively. DE values was less than 20 for A and B treatments, whereas for C and D were more than 20. Maltodextrin yields ranged from 78.87 to 91.71 percent. While the solubility rate ranges was from 3.20 - 22.30 percent depend on the treatments.

Keywords*: Hydrolysis temperature, Sago Starch, Maltodextrin*

1. PENDAHULUAN

Potensi sagu di Indonesia sangat tinggi, dimana sebagian besar tegakan sagu merupakan hutan sagu alami. Luas areal sagu alami dan budidaya diperkirakan sekitar 56,5 persen dari total luas areal sagu dunia [1]. Namun hingga saat ini pemanfaatan pati sagu di Indonesia masih rendah. Pengelolaan sagu budidaya secara intensif dan secara berkala telah diekspor baru dilaksanakan di Riau, sementara di daerah-daerah lainnya penggunaannya masih terbatas untuk makanan pokok dan bahan baku kue dalam skala kecil. Untuk itu perlu dilakukan diversifikasi produk berbasis pati sagu, salah satunya adalah maltodekstrin.

Kebutuhan maltodekstrin dalam negeri hingga saat ini sebagian besar masih diimport yang pada tahun 2016 mencapai 109.729,2 ton, sementara tanaman sumber pati di Indonesia sangat berlimpah, sehingga sangat memungkinkan untuk diproduksi di dalam negeri. Maltodekstrin adalah hasil hidrolisis parsial pati menggunakan asam atau enzim, yang terdiri dari campuran glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin [3]. Maltodekstrin telah digunakan dalam pembuatan makanan, minuman, dan obat-obatan dari beberapa ekstrak tumbuhan, pengawet aromatik dan vitamin baik secara individu maupun mengkombinasikan dengan bahan lainnya [4]. Selain itu,maltodekstrin cocok digunakan sebagai bahan dinding untuk mikroenkapsulasi phycocyanin karena memiliki kemampuan pengikat rasa dan lemak, serta mereduksi permeabilitas oksigen pada matriks [5]. Hal ini disebabkan karena maltodekstrin memiliki sifat-sifat mudah didispersi, memiliki sifat daya larut yang cukup tinggi, sifat higroskopis yang rendah, sifat *browning* (kecoklatan) yang rendah, mampu menghambat kristaslisasi, dan memiliki daya ikat yang kuat [6]. Dalam proses pembuatan maltodekstrin banyak faktor yang berpengaruh, dan salah satunya adalah suhu hidrolisis. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk mengetahui suhu hidrolisis yang optimum terhadap karakteristik maltodekstrin dari pati sagu yang dibuat menggunakan enzim *Liquozyme Supra* 4.5X.

2. METODE PENELITIAN

Bahan utama untuk pembuatan maltodekstrin adalah pati sagu. Bahan pendukung lainnya adalah enzim Liquozyme Supra 4.5X dari perusahaan Novozymes, larutan $CaCl_2$ 1000 ppm, HCl 0,1 N, NaOH 2 N, dan aquades. Peralatan yang digunakan antara lain untuk analisis parameter mutu maltodekstrin. Konsentrasi suspensi pati sagu yang digunakan sebesar 20%. Terdapat 4 kondisi suhu hidrolisis yang diuji, yaitu: A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C (enzim 0,01 µl/gram pati), B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80°C (enzim 0,02 µl/gram pati), C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C (enzim 0,03 µl/gram pati), D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C (enzim 0,04 µl/gram pati). Pembuatan maltodekstrin dilakukan mengikuti prosedur Arfah *et al*.[7] dengan sedikit modifikasi. Parameter pada maltodekstrin yang diamati adalah bentuk

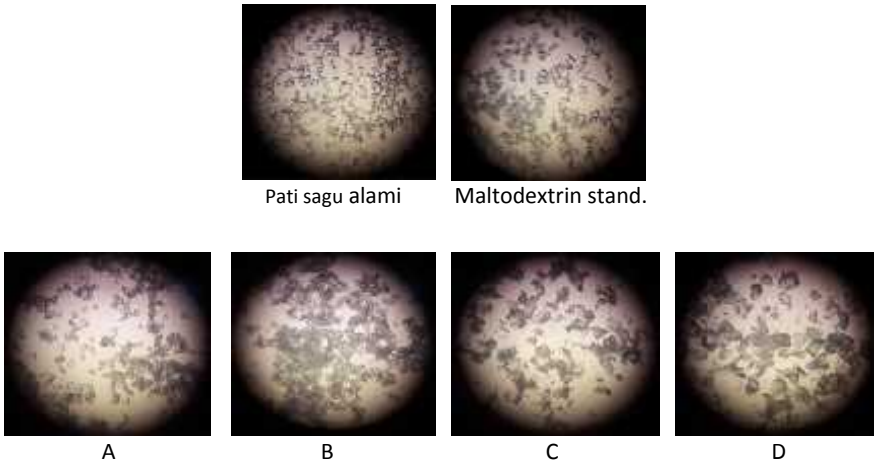
[1] Korespondensi penulis: Budi Santoso, Telp. 081330153144, budsandida@yahoo.com

granula pati diamati di bawah mikroskop cahaya, total gula dan gula reduksi menggunakan metode Nelson-Samogyi [8], nilai dekstrosa ekuivalen (DE), rendemen maltodekstrin diukur secara gravimetri, dan tingkat kelarutan menggunakan metode [9]. Data yang diperoleh dianalisis secara tabulasi dan disajikan dalam bentuk gambar dan grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Bentuk granula maltodextrin

Hasil pengamatan bentuk granula pati dan granula maltodekstrin di bawah mikroskop cahaya (pembesaran 25×) disajikan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tidak ada perubahan bentuk granula pada maltodekstrin standard. Hasil penelitian yang sama juga diperoleh oleh [10], dimana bentuk granula maltodekstrin dari tapioka tidak pecah namun hanya permukaannya saja yang tidak halus lagi. Dari keempat perlakuan tersebut, hanya perlakuan A dan B memiliki bentuk granula yang sama dengan pati sagu alami, sementara perlakuan C dan D bentuk granulanya sudah mengalami perubahan (tidak beraturan). Perubahan bentuk granula pati pada perlakuan C dan D dikarenakan pati telah mengalami gelatinisasi, dimana enzim yang ditambahkan telah memotong ikatan glikosidik pada amilopektin sehingga terjadi peningkatan kadar amilosa.

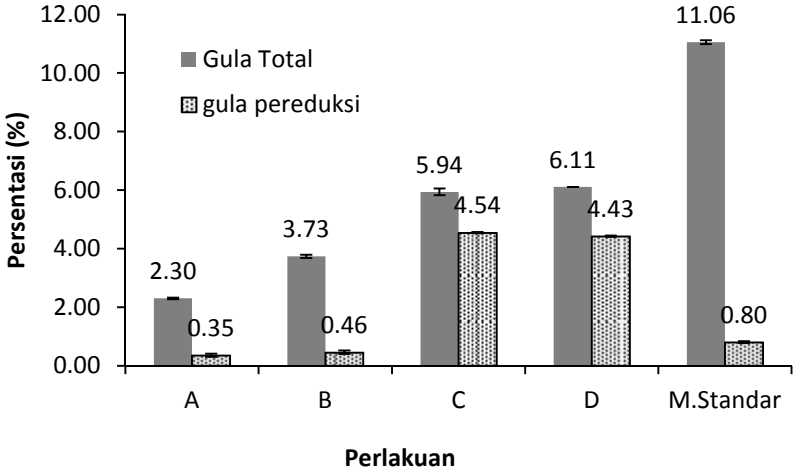


Gambar 1. Bentuk Granula Pati Sagu Alami dan Maltodekstrin di bawah Mikroskop Cahaya (25x)

Keterangan : A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C (enzim 0,01 µl/gram pati sagu), B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80° (enzim 0,02 µl/gram pati sagu), C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C (enzim 0,03 µl/gram pati sagu), D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C (enzim 0,04 µl/gram pati sagu).

b. Gula total dan gula pereduksi

Hasil analisis terhadap kadar total gula dan gula pereduksi disajikan pada Tabel 1. Dari data tersebut terlihat bahwa proses hidrolisis yang dilakukan pada suhu 90°C (perlakuan C dan D) memiliki kadar total gula yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses hidrolisis yang dilakukan pada suhu 80°C. Kecenderungan yang sama pula diperlihatkan oleh kadar gula pereduksinya. Hal ini disebabkan pada suhu yang lebih tinggi dalam proses hidrolisis akan meningkatkan konversi pati menjadi gula-gula sederhana. Reaksi hidrolisis merupakan reaksi endotermis dimana peran suhu sangat penting dan semakin tinggi suhu maka akan memicu terjadinya reaksi tersebut [11].

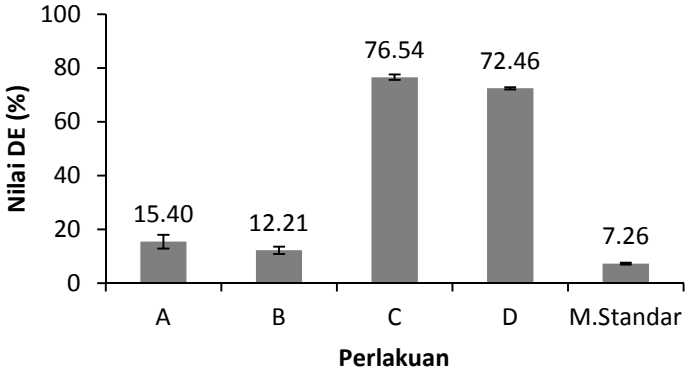


Gambar 2. Kadar Gula Total dan Gula Pereduksi Maltodekstrin

Keterangan : A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C, B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80°, C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C, D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C

c. Nilai dextrosa ekuivalen (DE) maltodextrin

Dektrosa ekuivalen (DE) dengan satuan persen merupakan perbandingan antara total gula pereduksi dengan total gula. Hasil perhitungan nilai DE masing-masing perlakuan (Tabel 3) menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki nilai DE yang lebih besar dibandingkan dengan nilai DE maltodekstrin standard. Hasil hidrolisis partial menggunakan enzim, asam, atau irradiasi terhadap suspensi pati akan menghasilkan maltodekstrin yang terdiri dari gabungan glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin yang memiliki nilai DE maksimum sebesar 20 [7]. Dari nilai DE-nya dapat dilihat bahwa hanya perlakuan A dan B saja yang masuk kriteria sebagai produk maltodekstrin. Tinggi nilai DE pada perlakuan C dan D disebabkan karena selama proses hidrolisis pada suhu 90°C memicu terjadinya konversi pati menjadi gula pereduksi yang lebih besar.

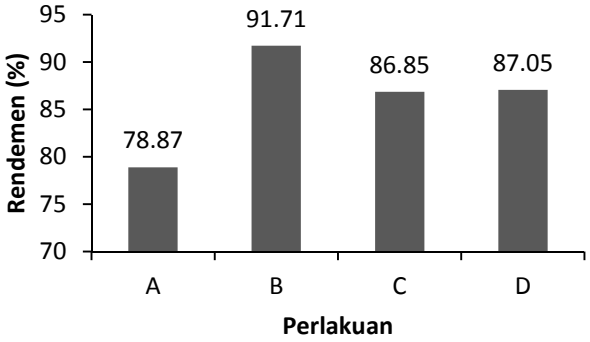


Gambar 3. Nilai Dekstrosa Ekuivalen Maltodekstrin

Keterangan : A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C, B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80°, C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C, D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C

4. Rendemen maltodextrin

Hasil analisis rendemen maltodekstrin (Tabel 4) dapat dilihat bahwa rendemen tertinggi pada perlakuan B, sementara rendemen terendah pada perlakuan A. Dari data tersebut terlihat bahwa ada kecenderungan rendemen maltodekstrin berbanding terbalik dengan nilai DE maltodekstrin. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai DE maka kadar sakarida sederhana (oligosakarida dan monosakarida) cenderung semakin tinggi sehingga banyak yang larut dalam fraksi cair (pelarut) selama proses pembuatan maltodekstrin tersebut dan akhirnya akan mengurangi rendemen maltodekstrin yang diperoleh.

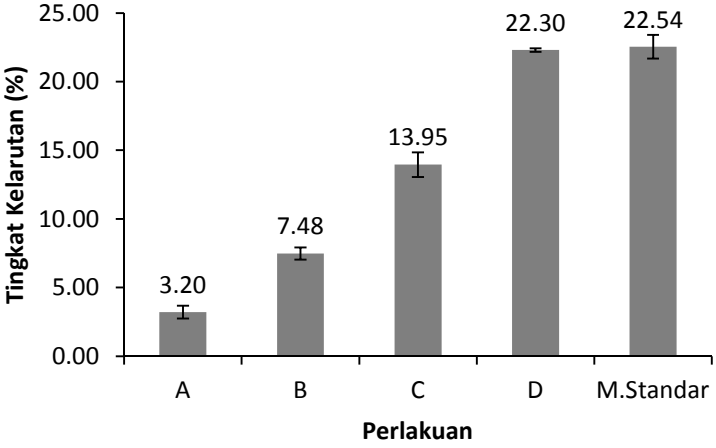


Gambar 4. Rendemen Maltodekstrin

Keterangan : A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C, B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80°, C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C, D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C

e. Tingkat Kelarutan maltodextrin

Tingkat kelarutan maltodekstrin setiap perlakuan berbeda-beda (Tabel 5). Seperti diketahui bahwa semakin pendek rantai sakarida maka tingkat kelarutannya di dalam air akan semakin tinggi. Dari data Tabel 5, terlihat bahwa secara umum terdapat kecenderungan semakin tinggi kadar total gula dan kadar gula pereduksi maka tingkat kelarutannya semakin meningkat. Peningkatan suhu hidrolisis akan meningkatkan pemutusan rantai polisakarida pati menjadi sakarida yang lebih sederhana sehingga akan meningkatkan nilai DE maltodekstrin [12]. Meningkatnya nilai DE tersebut mengindikasikan terjadinya peningkatan sakarida-sakarida sederhana [11], sehingga akan meningkatkan pula tingkat kelarutan maltodesktrin di dalam air.



Gambar 5. Tingkat Kelarutan Maltodekstrin

Keterangan : A= Hidrolisis selama 30 menit, suhu 80°C, B= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 80°, C= Hidrolisis selama 40 menit, suhu 90°C, D= Hidrolisis selama 25 menit, suhu 90°C

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1) Suhu hidrolisis optimum dalam pembuatan maltodekstrin dari pati sagu menggunakan enzim Liquozyme Supra 4.5X adalah 80°C.
2) Suhu hidrolisis 80°C selama 30 dan 40 menit dapat menghasilkan maltodekstrin dengan nilai DE di bawah 20 dan granula patinya tidak pecah.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Samad, M. Y. Application of semi mechanical technology to improve production of small scale sago industry. Indonesia Journal of Science and Technology, 4(5), pp. 11-17. 2002.
[2] BPS. Badan Pusat Statistik Indonesia. Tahun 2017.
[3] Pycia, K., L. Juszczak, D. Gałkowska, M. Witczak, and Grażyna. Maltodextrins from chemically modified starches. Carbohydrate Polymer. Accepted Manuscript. Maret, 2016.

[4] Parikh, A., S. Agarwal, K. Raut. A Review on Application of Maltodextrin in Pharmaceutical industry. International Journal of Pharmacy and Biological Science, 4(4), pp. 67-74. October 2014.

[5] Iqbal, M.N. dan Hadiyanto. Pembuatan Mikrokapsul Phycocyanin Menggunakan Maltodekstrin sebagai Bahan Pelapis dengan Metode Spray Drying. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogjakarta.* Maret 2016.

[6] Srihari, E, Farid S.L. Rossa H. dan Helen W. S. Pengaruh penambah Maltodekstrin pada Pembuatan Santan Kelapa Bubuk. Jurnal seminar rekayasa kimia dan proses. Penerbit: Universitas Surabaya, Surabaya. Agustus 2010.

[7] Arfah, R. A., Ahmad, A., Dali, S., Djide, M. N., Mahdalia and Arif, R. A. Utilization of α-amylase enzyme from *Bacillus stearothermophilus* $RSAII_{1B}$ for maltodextrin production from sago starch. The 2nd International Conference on Science (ICOS). IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 979 (2018) 012018. doi :10.1088/1742-6596/979/1/012018. 2018.

[8] Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit: Liberty, Yogyakarta. 1997.

[9] Adebowale, K. O., T. Henle, U. Schwarzelborlz, and T. Doert. Modification and Properties of African Yam Bean *(Sphenostylis Stenocarpa* Hochst. Ex. A. Rich) Harms Strach I: Heat moisture Treatments and Annealing. Food Hydrocolloids, Vol. 23, pp. 1947-1957. 2009.

[10] Husniati. Studi Karakteristik Sifat Fungsi Maltodekstrin Dari Pati Singkong. Jurnal Riset Industri Vol.3 (2). pp. 133-138. Agustus 2009.

[11] Wahyudi, J., W. A. Wibowo, Y. A. Rais, dan A. Kusumawardani. Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Glukosa Terbentuk dan Konstanta Kecepatan Reaksi pada Hidrolisa Kulit Pisang. Dalam Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" . Yogyakarta, pp. B09-1-5. Februari 2011.

[12] Sadeghi, A., F. Shahidi, Seyed A. Mortazavi and Mahdi N. Mahalati. Evaluation of Different Parameters Effect on Maltodextrin Production by α-amylase Termamyl 2-x. World Applied Sciences Journal 3 (1), pp. 34-39. 2008.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas dana yang diberikan melalui Hibah Penelitian Strategi Nasional Institusi, dengan Kontrak Nomor: 198/SP2H/LT/DRPM/2019.

PENINGKATAN EFISIENSI PENGISIAN BATERAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Bakhtiar[1)], Tadjuddin[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

.

The limited ability of electric power generation PT. PLN to serve loads in South Sulawesi, West Sulawesi and Southeast Sulawesi often results in rotating blackouts, especially at Peak Load Time (WBP) around 17:00 to 22:00. This peak load occurs because the use of electricity in Indonesia is generally dominated by household customers, who at the same time use electricity for lighting, watching TV, air conditioning, fans, cooking needs and other activities. To minimize the use of electrical energy produced by PT PLN. At the time of peak load, there was an appeal to make savings by using electrical equipment as needed, however the electricity consumption remained large in terms of daily load characteristics. Therefore, it requires the active participation of PT. PLN to find alternative alternative sources of electrical energy, and previous research has done a hybrid design of PLN and PLTS during Peak Load Time and has been implemented on consumers with 900 VA installed power and has been improved the transfer control system from PLN to PLTS or vice versa and the addition of power PLTS installed so that the operating time can be longer. The research conducted is an effort to improve the efficiency of battery charging with variations and then charging the battery using PWM and MPPT controller types.

Kata Kunci *:* Konfigurasi, BCR, Efisiensi, Pengisian, Baterai

1. PENDAHULUAN

Secara global menunjukkan bahwa kondisi energi mengalami krisis. Ketahanan energi secara global terancam oleh pemusatan penawaran energi di negara-negara penghasil minyak. Sementara itu, dengan berbagai ketidak konsistenan kebijakan energi menjadikan dunia usaha sulit untuk mengambil keputusan. Padahal, di sisi lain dengan tuntutan persaingan pasar bebas, keputusan harus lebih cepat diambil dalam kaitannya dengan peningkatan daya saing produk energi.

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil setidaknya memiliki tiga ancaman serius, yakni: menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru); kenaikan/ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan polusi gas rumah kaca (terutama CO2) akibat pembakaran bahan bakar fosil. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO2 terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi energi terbarukan yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai negara.

Investasi di bidang energi terbarukan yang rendah juga dapat mempengaruhi keberlanjutan pasokan energi nasional. Beberapa hambatan yang menyebabkan rendahnya investasi di bidang energi terbarukan antara lain biaya investasi awal yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan harga energi terbarukan tinggi dan tidak kompetitif, minat swasta di bidang energi terbarukan yang masih rendah dan kemampuan teknologi industri dalam negeri yang masih rendah.

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: Sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikkan harga bahan bakar.

Pemerintah sebenarnya telah menyiapkan berbagai peraturan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (misalnya: Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) tahun 1980 dan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No 996.K/43/MPE/1999 tentang pioritasi penggunaan bahan bakar terbarukan untuk produksi listrik yang hendak dibeli PLN). Namun sayang sekali, pada tataran implementasi

[1] Korespondensi penulis: Bakhtiar, HP 089669835835, bakhtiar.listrik@poliupg.ac.id

belum terlihat adanya usaha serius dan sistematik untuk menerapkan energi terbarukan guna substitusi bahan bakar fosil.

Dengan diterbitkannya Undang-Undang tentang Energi, dasar hukum pengembangan energi baru dan terbarukan menjadi lebih kuat karena secara khusus diamanatkan dalam Undang-Undang tersebut. Saat ini yang perlu mendapat perhatian adalah penelitian dan pengembangan energi baru dan terbarukan yang dapat menunjang pengembangan industri nasional yang mandiri serta dukungan pendanaan agar pengembangan energi alternatif dapat dipercepat.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 20 ayat 2 dijelaskan bahwa penyediaan energi oleh pemerintah dan/atau pemerintah daerah diutamakan di daerah yang belum berkembang, daerah terpencil, dan daerah perdesaan dengan menggunakan sumber energi setempat, khususnya sumber energi terbarukan. Pasal 30 ayat 1 dijelaskan pendanaan kegiatan penelitian dan pengembangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 29 difasilitasi oleh pemerintah dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya. Ayat 2 dijelaskan bahwa pendanaan kegiatan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi energi, sebagaimana dimaksud pada ayat 1 antara lain bersumber dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara, Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah, dan dana dari swasta, **(UU RI No.30 Tahun 2007).**

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Perusahaan Listrik Negara Cabang Manakarra, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat, terpaksa memberlakukan **pemadaman secara bergilir** selama dua jam **untuk mengurangi beban puncak** di wilayah itu. "Pemadaman bergilir dilakukan hingga batas waktu yang belum ditentukan. Ini kami lakukan karena terlalu banyak penggunaan energi listrik saat beban puncak terjadi," kata Kepala PLN Cabang Manakarra, Mamuju Alimuddin di Mamuju, Minggu. Menurutnya, pemadaman bergilir dilakukan pada beberapa titik untuk daerah perkotaan yakni pemadaman di wilayah Kelurahan Karema, Kelurahan Simkep dan beberapa wilayah lainnya. "Sudah beberapa hari terakhir ini kami lakukan pemadaman pada malam hari sehingga beberapa wilayah harus gelap gulita pada saat puncak penggunaan listrik yakni mulai pukul 20.00-22.00 Wita," katanya. **(ANTARA News, 23 Oktober 2011)**

Press release General Manager PT. PLN Wilayah Sulselrabar tanggal 16 Januari 2017 menyampaikan bahwa telah terjadi gangguan pada PLTU Bosowa Energy unit 1 dan 2 di Jeneponto pada hari Minggu 15 Januari 2017 pukul 22.11 WITA. Akibat gangguan tersebut, Senin 16 Januari 2017 sistem kelistrikan Sulbagsel mengalami defesit sehimgga PLN akan melakukan pengaturan beban (pemadaman) sampai dengan PLTU Jeneponto unit 1 dan 2 beroperasi. Sehingga PLN menghimbau kepada pelanggan rumah tangga untuk menggunakan energi listrik dengan baik, mematikan lampu sebanyak 2 titik lampu masing-masing setara 50 Watt secara khusus pada **Waktu Beban Puncak (WBP) pukul 17.00 – 22.00 WITA.** Sehingga diperoleh penghematan kurang lebih 90 MW. **(Press Relase PT. PLN Wilayah Sulselrabar, 16 Januari 2017)**

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT.PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Selain itu, makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan kita harus berpikir untuk mencari altematif penyediaan energi listrik yang memiliki karakter; dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi; dapat menyediakan energi listrik dalam skala lokal regional; mampu memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat, serta; cinta lingkungan, dalam artian proses produksi dan pembuangan hasil produksinya tidak merusak lingkungan hidup disekitarnya.

Hasil penelitian pemanfaatan energi terbarukan (energi matahari) untuk menyuplai beban pada Waktu Beban Puncak, bila diterapkan pada pelanggan PT. PLN Sulselrabar, bila ditinjau dari sisi PT. PLN maka perbedaan beban puncak dan beban terendah tidak lagi begitu besar sehingga tidak diperlukan pembangkit yang khusus menyuplai saat WBP yang biasanya menggunakan pembangkitan dengan bahan bakar minyak. Dari sisi pelanggan dengan menggunakan PLTS pada saat WBP maka ketergantungan dari PT. PLN yang biasa melakukan pemadaman bergilir sudah tidak terpengaruh lagi. Secara nasional bisa membantu pemerintah untuk memperkenalkan penggunaan energi terbarukan sehingga penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas, batubara dll) untuk pembangkitan tenaga listrik dapat diperkecil.

Sistem *hybrid* PLTS dengan listrik PLN (*grid connected*) atau sumber pembangkit listrik yang lain dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu tanpa baterai dan yang menggunakan baterai. Sistem hibrid PLTS dengan listrik PLN dapat diterapkan pada rumah diperkotaan, serta menganalisis faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik yang dihasilkan sel surya berkaitan dengan waktu kerja sistem PLTS. PLTS akan memasok energi listrik sekitar 30% dari beban keseluruhan peralatan listrik rumah tangga, sedangkan 70% listrik sisanya dari PLN. **(Liem dkk, 2008)**

Keterbatasan kemampuan pembangkitan tenaga listrik PT. PLN yang melayani beban di Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara menyebabkan sering terjadi pemadaman bergilir utamanya pada saat beban puncak sekitar jam 17.00 sampai 22.00. Untuk meminimalisir pemakaian energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PLN pada saat beban puncak diperlukan sumber energi listrik pengganti. Pada penelitian ini didesain dan diimplementasikan pemanfaatan solar cell untuk mengganti sumber PT. PLN pada saat terjadi beban puncak untuk daya terpasang 900 VA. Langkah awal dilakukan pengukuran pemakaian energi listrik pada saat beban puncak yakni jam 17.00 sampai jam 22.00, diperoleh hasil energi listrik yang terbesar adalah 2200 Wh. Berdasarkan pemakaian energi listrik tersebut maka diperlukan panel solar cell 12 V, 100 Wp sebanyak 14 buah, baterai penyimpanan energi listrik 12 V, 100 Ah sebanyak 8 buah, pengontrolan pengisian baterai 24 V, 30 A dan inverter 24 V/ 220 V, 1000 W. **(Bakhtiar, Ruslan, Tadjuddin 2016)**

Pemakaian energi listrik untuk mendesain PLTS didasarkan pemakaian energi listrik pada waktu beban puncak jam 17.00 sampai jam 22.00 dan hasil pengukuran selama 1 minggu diperoleh pemakaian energi listrik terbesar adalah 2.800 Wh. Pengembangan kontrol yang dilakukan adalah menggunakan dua sumber suplai pada kontrolnya yaitu PLN dan PLTS, sehingga keandalan sistem menjadi lebih baik. Jika salah satu sumber bermasalah atau off maka ada sumber alternatif yang bisa digunakan untuk menyuplai pengontrolannya sehingga kontinuitas pelayanan ke beban tidak terganggu. Selain itu sistem kontrolnya dilengkapi dengan pengontrolan secara manual, supaya sumber PLTS bisa digunakan di luar waktu beban puncak jika terjadi pemadaman oleh jaringan PLN atau sebaliknya sumber PLN bisa digunakan menyuplai beban pada waktu puncak jika sumber PLTS mengalami gangguan. Kapasitas panel yang terpasang bisa menyuplai beban pada waktu beban puncak sebesar 50,82 % dan kapasitas baterai penyimpanan energi listrik dapat menyuplai beban pada waktu beban puncak sebesar 82,30 %. **(Bakhtiar, Tadjuddin 2017)**

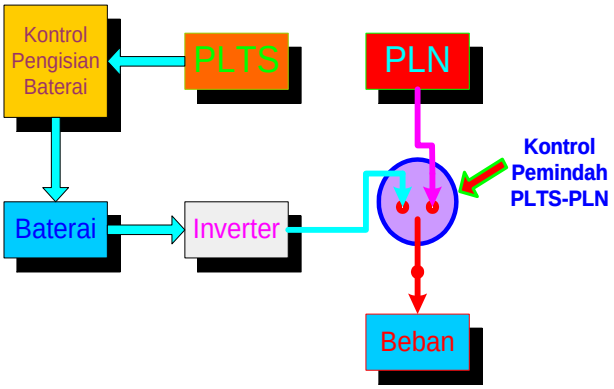
2. METODE PENELITIAN

Makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan kita harus berpikir untuk mencari altematif penyediaan energi listrik yang memiliki karakter : dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi; dapat menyediakan energi listrik dalam skala lokal regional; mampu memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat; cinta lingkungan, dalam artian proses produksi dan pembuangan hasil produksinya tidak merusak lingkungan hidup disekitarnya.

Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dikembangkan berbagai energi alternatif, di antaranya energi terbarukan. Potensi *energi terbarukan*, seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin dan energi samudera, sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi *energi terbarukan* di Indonesia sangatlah besar, penelitian yang dilakukan saat ini adalah penerapan penggunaan energi terbarukan yaitu energi matahari untuk menghasilkan listrik yang dimanfaatkan untuk menggantikan sumber PLN pada saat terjadi beban puncak pada jaringan.

Prinsip kerja sistem secara keseluruhan yaitu PLTS pada siang hari akan menyimpan energi listrik ke baterai yang dikontrol supaya pada saat baterai sudah penuh maka rangkaian secara otomatis diputus supaya baterai tidak rusak. Untuk menyuplai beban AC diperlukan inverter yang merubah tegangan DC menjadi AC. Sumber PLN akan menyuplai beban pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) yaitu jam 22.00-17.00

WITA, sedangkan sumber PLTS didesain untuk menyuplai beban Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu jam 17.00-22.00. Perpindahan dari PLN ke PLTS ataupun sebaliknya dikontrol secara otomatis seperti di perlihatkan gambar 1 di bawah.



Gambar 1 Diagram Hibrid PLN-PLTS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

BCR adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke **baterai** dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari **panel surya**. Kelebihan tegangan pengisian akan mengurangi umur **baterai**.

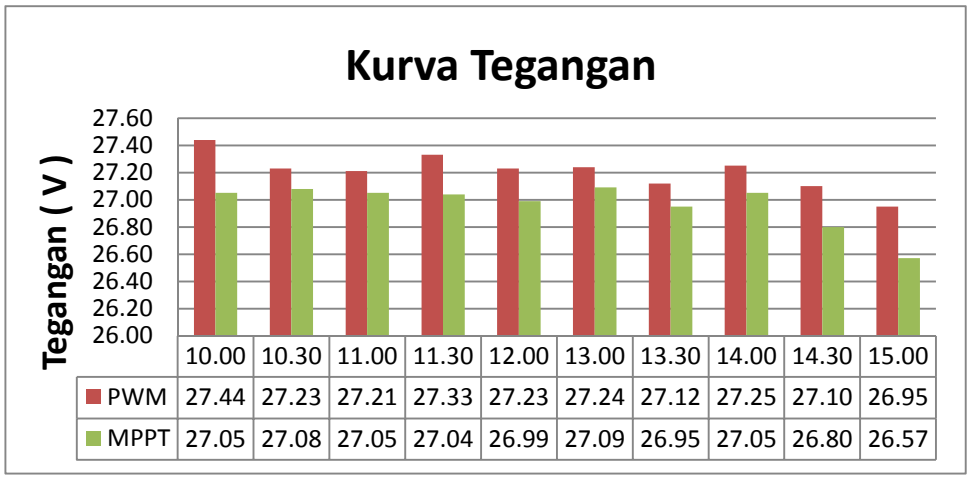
Solar charge controller yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan teknologi PWM dan MPPT untuk mengatur fungsi pengisian **baterai** dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Seperti yang telah disebutkan di atas BCR yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas **baterai.** Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari **panel surya** berhenti. Cara deteksi adalah melalui level tegangan baterai, BCR akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber suplai dari panel surya 12 V, 100 Wp yang disusun seri 2 buah kemudian di paralelkan. Output BCR dihubungkan ke barterai 12 V, 100 Ah yang tersusun secara seri 2 buah kemudian diparelelkan. Hasil pengukuran tegangan dan arus pada sisi output BCR yang ke baterai diperlihatkan tabel 1 di bawah.

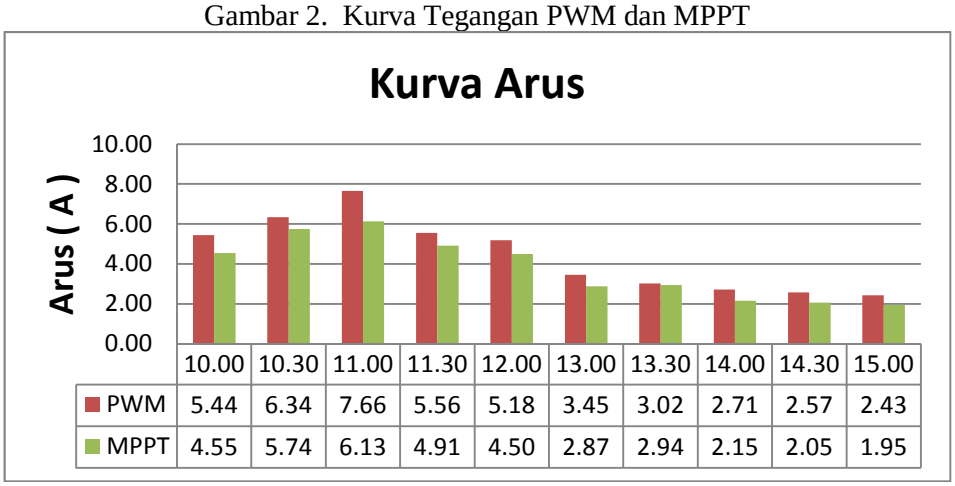
Tabel 1. Pengukuran Arus dan Tegangan

Jam	PWM		MPPT	
	V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
10.00	27.44	5.44	27.05	4.55
10.30	27.23	6.34	27.08	5.74
11.00	27.21	7.66	27.05	6.13
11.30	27.33	5.56	27.04	4.91
12.00	27.23	5.18	26.99	4.50
13.00	27.24	3.45	27.09	2.87
13.30	26.12	3.02	26.95	2.94
14.00	27.25	2.71	27.05	2.15
14.30	27.10	2.57	26.80	2.05
15.00	26.95	2.43	26.57	1.95

Dari tabel 1 di atas dapat digambarkan kurva output tegangan dan arus pada saat pengisian ke baterai masing-masing BCR seperti gambar 2 dan 3 di bawah.

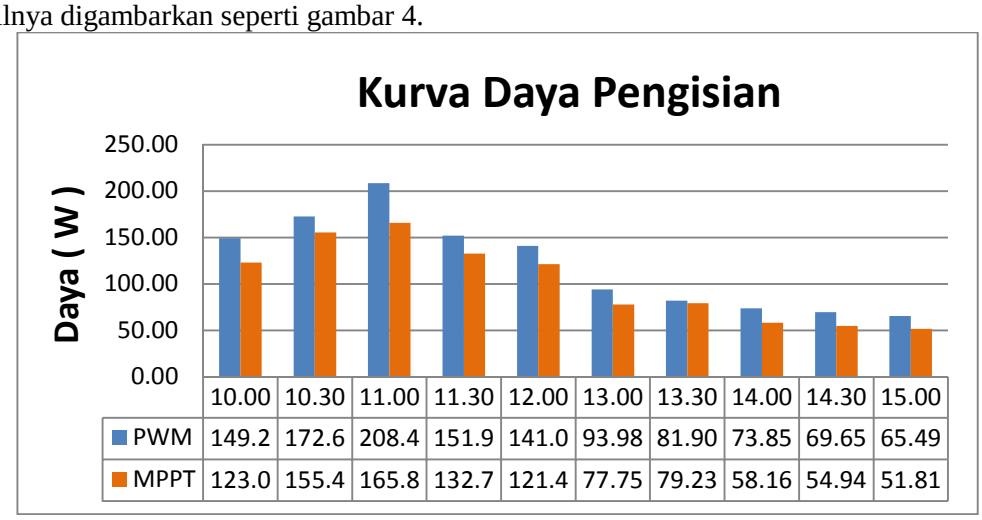


Gambar 2. Kurva Tegangan PWM dan MPPT



Gambar 3. Kurva Arus PWM dan MPPT

Hasil pengukuran tegangan dan arus menunjukkan bahwa BCR tipe PWM lebih besar bila dibandingkan dengan BCR tipe MPPT. Untuk menentukan daya pengisian ke baterai dari masing-masing BCR digunakan rumus P = V x I dan hasilnya digambarkan seperti gambar 4.



Gambar 3. Kurva Daya Pengisian PWM dan MPPT

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1) Hasil pengukuran tegangan dan arus BCR tipe PWM menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan BCR tipe MPPT.
2) Daya pengisian paling besar panel PV ke baterai terjadi pada jam 11.00, untuk BCR tipe PWM besarnya 208,4 W sedangkan BCR tipe MPPT besarnya 165,8 W.

3) Salah satu indikator untuk memilih BCR untuk meningkatkan efisiensi pengisian baterai adalah besarnya daya pengisian yang bisa disimpan ke baterai dari energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, hasil penelitian ini menunjukkan tipe PWM lebih baik dibandingkan dengan tipe MPPT.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aryuanto, Yusuf, 2009. *Pengembangan Sistem Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida.* Institut Teknologi Nasional, Malang.

[2} Bakhtiar, Ruslan, Tadjuddin, 2015. *Rancang Bangun Pemanfaatn Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Ristek-Dikti.

[3] Bakhtiar, Ruslan, Tadjuddin, 2016. *Pengembangan Pemanfaatn Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik pada Saat Beban Puncak PLN*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IV, Politeknik ATI Makassar.

[4] Bakhtiar, Tadjuddin, 2017. *Optimalisasi Hibrid PLTS-PLN Waktu Beban Puncak*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

[5] Fitriana, Ira, 2007. *Pemanfaatan Teknologi Sel Surya Pada Kja di Pulau Nguan.* BPPT Jakarta.

[6] Marsudi, D., 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga Jakarta.

[7] SNI, 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia*. LIPI Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ditjen Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendukung dan membiayai kegiatan ini melalui dana Rutin PNUP sehingga bisa terlaksana sesuai target yang direncanakan. Hal yang sama kami ucapakan terima kasih kepada Direktur dan Asisten Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua UPPM beserta staff, Ketua Jurusan Teknik Elektro beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menggunakan sarana dan prasarana yang ada di Laboratorium Teknik Listrik sampai akhir kegiatan ini.

PENGARUH JENIS ABRASIF PADA PROSES SHOTPEENING TERHADAP KEKASARAN DAN KEKERASAN PERMUKAAN BAJA TAHAN KARAT

Muh. Iqbal Mukhsen[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Shotpeening is a method to modify the surface structure of stainless steel by blasting abrasive material on the surface. These paper observers have compared steel-shots and steel-grits to the effect of shotpeening on hardness and surface roughness. The use of steel abrasive material in the shotpeening process can be reused. The steel shot that has been used is SAE S-230 and Steel grit has been used SAE G-40. There are three angles for shooting positions, i.e. angle of 0°, 25°, and 45°. The maximum roughness in the collision of steel grit at a duration of 2 minutes at the position of the specimen 45° obtained the value of Ra 2.903 µm. The highest hardness value obtained on steel shot abrasive material in the duration of 10 minutes obtained a value of 164.13 HB. Increasing the surface hardness with the duration of spraying, and surface roughness increases, decreases and was constant.

Keywords*: shotpeening, Surface Roughness, Hardness, stainless steel, steel shot, steel grit*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material dibidang ortopedi telah berkembang dengan cepatnya. Indonesia merupakan salah satu negara yang telah memproduksi implan yang berbahan logam untuk memenuhi pasar lokal [1]. Produksi implan yang sering diproduksi di Indonesia yaitu implan yang berbahan *stainless steel*, dengan beberapa keunggulannya yaitu tahan terhadap korosi, toksitas yang rendah, dan kemampuan suatu material dengan mudah untuk dibentuk [2] [3] [4] [5]. Permukaan implan yang kontak langsung pada tulang diharapkan memiliki sifat hidrofilik yang sangat berpengaruh terhadap proses penyambungan tulang. Salah satu penyebab korosi terhadap implan di dalam tubuh yaitu terdapatnya cairan tubuh manusia yang mengandung ion agresif [6].

Penggunaan material titanium telah lazim digunakan oleh para dokter ortopedi yang telah diakui memiliki tingkat ketahanan korosi lebih baik dibanding material *stainless steel*, namum material titanium dalam proses pembentukannya masih sulit, sehingga para produsen implan telah mengembangkan implan berbahan *stainless steel* sebagai material alternatif yang mudah dibentuk dan memiliki karakteristik mendekati material titanium. Rekayasa material dilakukan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan; kekerasan yang lebih baik dan biaya pembentukannya bisa lebih murah, Beberapa rekayasa material antara lain *sandblasting* [7] [8] [9], *shotpeening* [2], asam etsa [7] [10], anodizing [7] dan *surface mechanical attrition treatment* yang biasa disingkat SMAT [11] [12].

Shotpeening merupakan suatu metode untuk merubah struktur permukaan baja tahan karat dengan cara membenturkan material abrasif ke permukaan material uji. Jenis material abrasif digolongkan antara material abrasif logam yang disebut proses *shotpeening* sedangkan jenis abrasif pasir silikan disebut dengan proses *sandblasting*. Penggunaan material abrasif berjenis logam pada proses *shotpeening* bersifat *reuse* atau dapat digunakan kembali, sehingga dapat menekan biaya produksi. Material abrasif berjenis logam yaitu *steel shot* dan *steel grit* yang dibedakan dengan bentuk materialnya. *Steel shot* merupakan material abrasif yang diproduksi dari baja yang berbentuk bola, sedangkan *steel grit* bentuknya tidak beraturan/*unishape*.

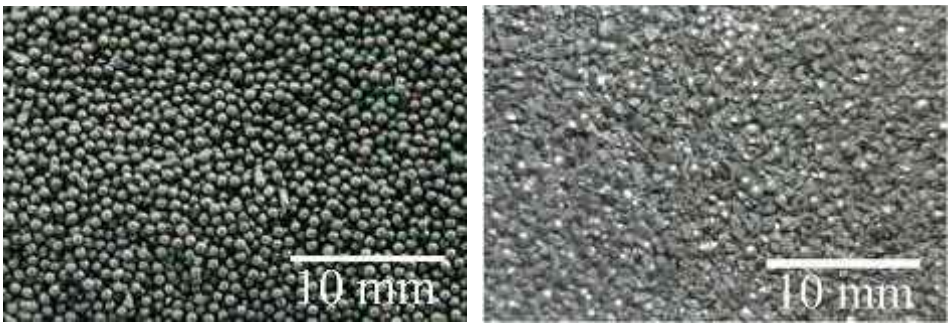
Penelitian yang telah dilakukan oleh Liu dkk [13] menyatakan bahwa terdapat kenaikan ketebalan deformasi dan kenaikan butir seiring dengan kenaikan tekanan dan durasi penyemprotan. Jiang, X.P [14] melakukan penelitian *shotpeening* menghasilkan perubahaan sturktur pada *layer* akibat penumbukan material. Muh. Iqbal [2] membandingkan durasi penembakan menghasilkan kekasaran permukan berevolusi seiring durasi *shotpeening* terdiri dari tiga tahap kekasaran yaitu pada tahap pertama kekasaran meningkat, menurun, dan konstan.

2. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu material *stainless steel* berbentuk plat dengan ukuran 30×38 mm dengan ketebalan plat 1,91mm, dengan kandungan kimia (%wt) adalah 0,031 C, 17,166 Cr, 11,33 Ni, 1,33 Mo, 1,866 Mn, 0,413 Si, 0,238 Cu, dan *balance* 67,2 Fe.

[1] Korespondensi penulis: Nama Muh. Iqbal Mukhsen, Telp 081342553550, iqbal.mukhsen@poliupg.ac.id

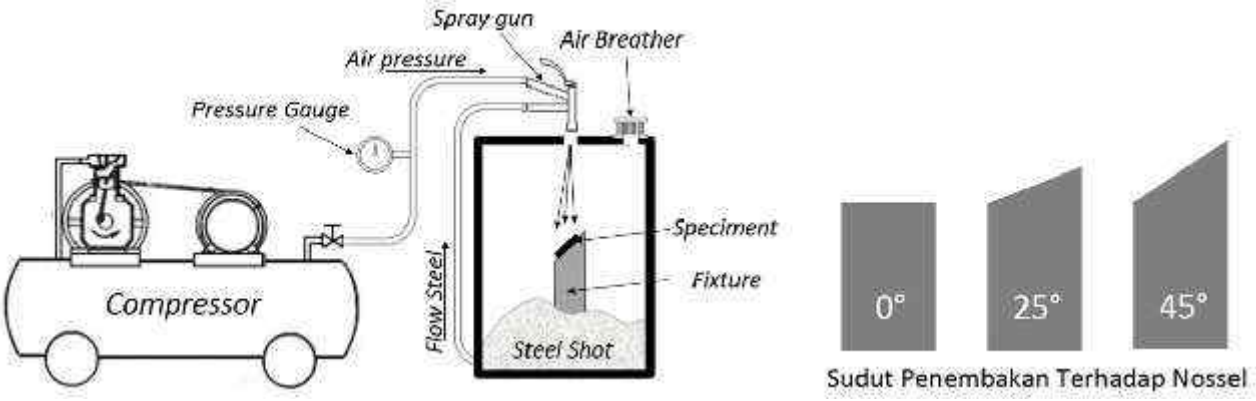
Material abrasif *shotpeening* atau *steel shot* menggunakan material baja karbon SAE S-230 dengan ukuran *steel shot* ±700 µm, sedangkan *steel grit* menggunakan material baja karbon SAE G-40 dengan ukuran *uni shape* ±700 µm. Medua material abrasif tersebut memiliki komposisi material (%wt) adalah: 0,8-1,2 C, 0,5-1,2 Mn, 0,4 Si, 0,05 S, 0,05 P. *Steel shot* memiliki tingkat kekerasan 40-51 HRC (Gambar 1).



Gambar 1. *Steel shot* SAE S-230 dan *Steel Grit* SAE G-40 (±700 µm)

Pengujian kali ini membandinkan antara dua jenis abrasif *steel shot* dan *steel grit* dan posisi penembakan abrasif antara nossel dan permukaan benda uji. Terdapat 3 variasi sudut pembakan antara lain 0° yaitu posisi tegak lurus antara nossel dan benda uji, sedangkan 25°, dan 45° yaitu besaran sudut tembakan dari bidang datar. Pengujian kekasaran dan kekerasan permukaan dilakukan sebelum dan setelah *shotpeenig*. Sebelum pengambilan data material uji dibersihkan dengan alkohol, untuk mendapatkan nilai kekasaran yang tepat. Pengukuran spesimen berat jenis spesimen dilakukan menggunakan timbangan digital skala 0,01 gr untuk mengetahui selisi berat jenis yang hilang akibat proses *shotpeening*.

Cara kerja *shotpeening* yaitu dengan menyalurkan udara bertekanan beserta material abrasif hingga membenturkan ke permukaan spesimen uji (Gambar 2). Tekanan udara dari kompresor yang diberikan antara 4-7 bar. *Steet shot/grit* yang telah disemprotkan ke permukaan spesimen akan tertampung kembali didalam kotak uji, dan akan tersirkulasi terus menerus, sedangkan udara bertekanan akan keluar melalui saluran air *breather*. Lama penyemprotan dilakukan tiga tahap yaitu 2, 6, hingga 10 menit.



Gambar 2. Proses *shotpeening* dan sudut penembakan

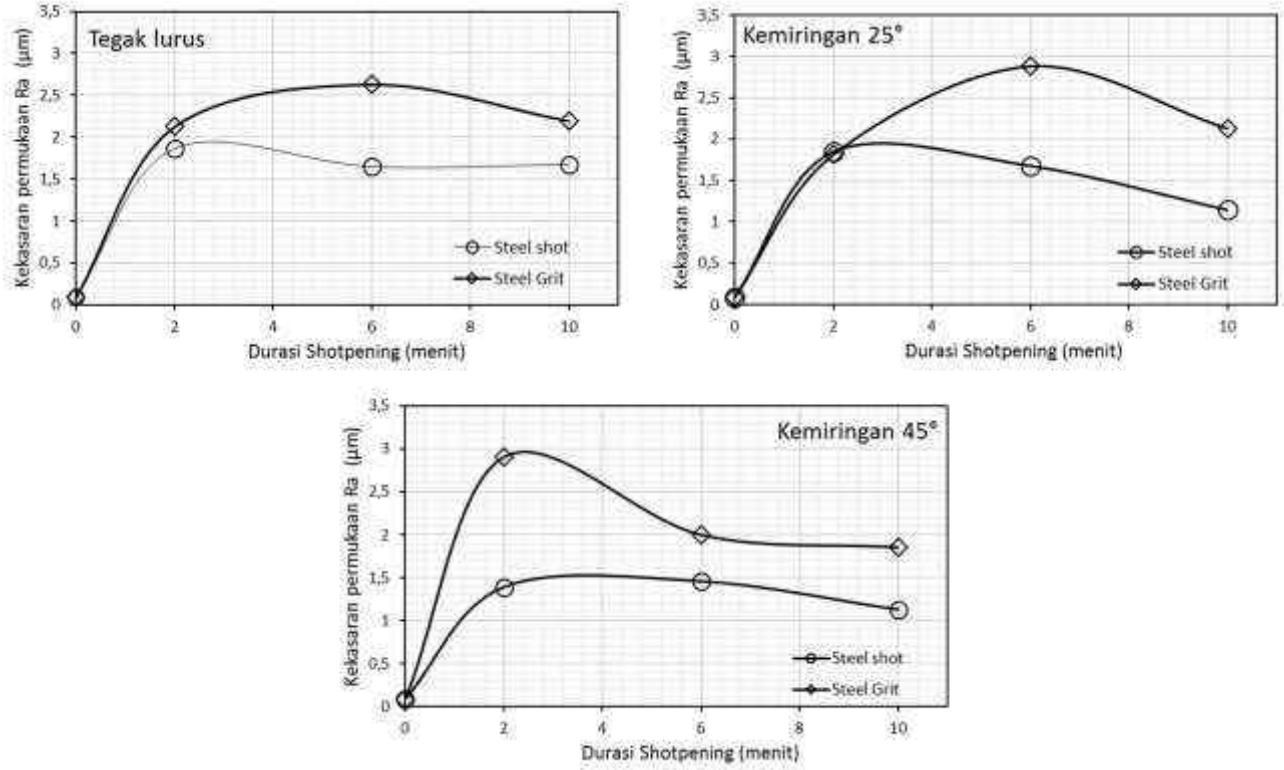
Pengujian kekasaran dilakukan setelah proses *shotpeening* dengan menggunakan *surface raoughness Tester*, Mitutoyo SJ-310, Pengambilan titik sampel secara *random* sebanyak 10 kali di daerah yang berbeda, data hasil yang diperoleh dari pengujian kekasaran yaitu menggunakan parameter Ra. Kemudian pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *Affri Hardness Tester* dengan metode *Brinnel Test* dengan menggunakan indentasi yang berukuran ∅ 10 mm dengan tekanan indentasi sebesar 613N. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 7 titik yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 memperlihatkan ada 3 grafik pengujian hasil kekasaran permukaan mulai dari posisi tegak lurus, 25°, dan 45°. Kekasaran pada material uji sebelum dilakukan *shotpeening* memiliki tingkat kekasaran sebesar Ra 0,089 µm. Gambar 3 (tegak lurus) memperlihatkan nilai kekasaran meningkat setelah dilakukaannya proses *shotpeening* pada durasi 2 menit Ra 1,861 µm pada penggunaan material abrasif *steel*

shot, relatif hampir sama Ra 2,126 µm pada *steel grit*. Durasi penyemprotan selama 6 menit untuk *steel shot* mengalami penurunan Ra 1,646 µm sedangkan *steel grit* masih mengalami peningkatan Ra 2,629 µm. Durasi 10 menit terlihat kedua jenis abrasif mengalami penurunan didapat pada *steel shot* Ra 1,67 µm sedangkan *steel grit* Ra 2,193 µm.

Gambar 3 (kemiringan 25°) memperlihatkan nilai kekasaran meningkat setelah proses *shotpeening* pada durasi 2 menit dengan material abrasif *steel shot* sebesar Ra 1,844 µm, relatif hampir sama Ra 2,126 µm pada *steel grit*. Durasi penyemprotan selama 6 menit untuk *steel shot* mengalami penurunan Ra 1,673 µm sedangkan *steel grit* masih mengalami peningkatan Ra 2,884 µm. Kemudian durasi 10 menit terlihat kedua jenis abrasif mengalami penurunan pada *steel shot* Ra 1,141 µm sedangkan *steel grit* Ra 2,13 µm.



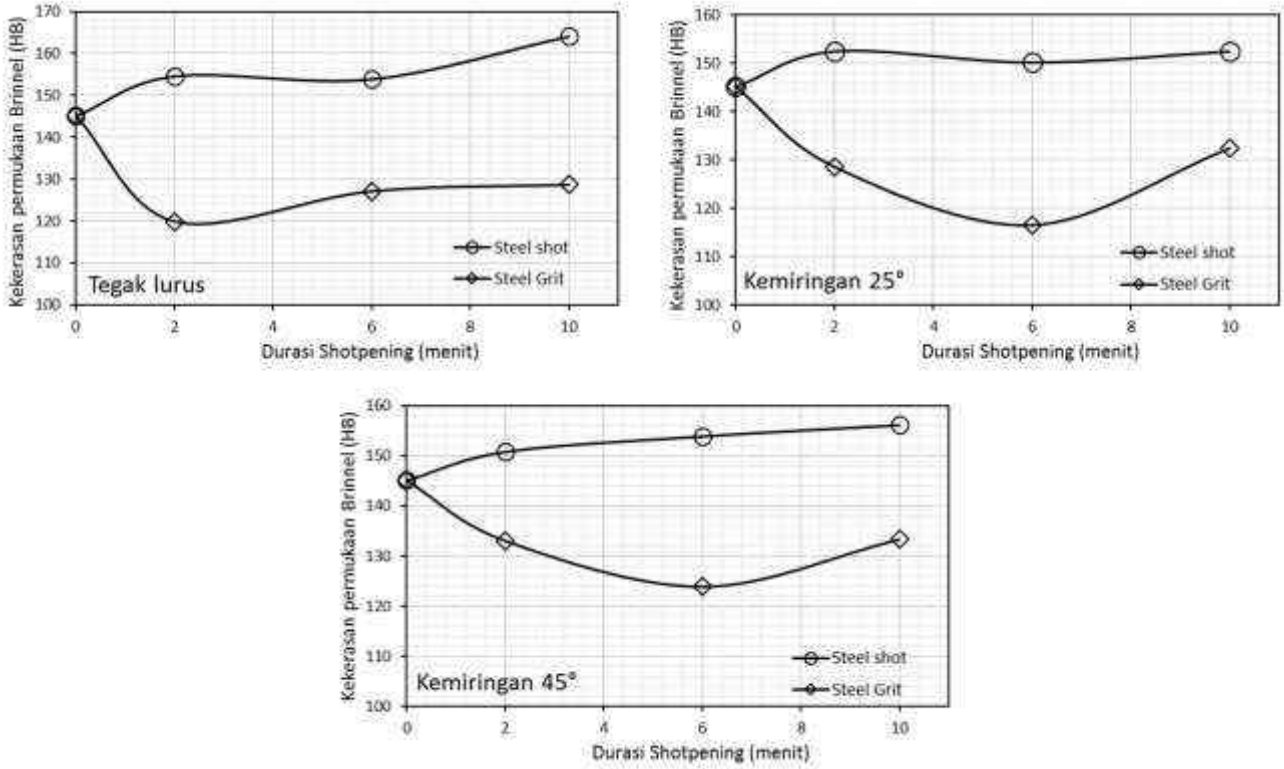
Gambar 3. Grafik kekasaran permukaan Ra

Gambar 3 (kemiringan 45°) memperlihatkan nilai kekasaran meningkat setelah proses *shotpeening* pada durasi 2 menit dengan material abrasif *steel shot* sebesar Ra 1,383 µm, dan *steel grit* mengalami peningkatan drastis Ra 2,903 µm. Durasi penyemprotan selama 6 menit untuk *steel shot* mengalami penurunan Ra 1,455 µm dan *steel grit* juga mengalami penurunan Ra 1,999 µm. Kemudian durasi 10 menit terlihat kedua jenis abrasif mengalami penurunan pada *steel shot* Ra 1,128 µm sedangkan *steel grit* Ra 1,185 µm.

Hasil pengujian kekerasan permukaan terlihat pada gambar 4. Material sebelum mendapatkan perlakuan *shotpeening* didapat nilai kekerasan rata-rata 145,11 HB. Pengujian pada posisi benda kerja tegak lurus terhadap nossel terlihat pada material abrasif *steel shot* mengalami peningkatan seiring durasi penembakannya, mulai dari durasi 2 menit didapatkan nilai rata-rata 154,6 HB, 6 menit rata-rata 153,9 HB, dan durasi 10 menit meningkat menjadi 164,1 HB. Kebalikan dari *steel grit* cenderung mengalami penurunan setelah di-*shotpeening* terlihat pada durasi 2 menit penurunan drastis dengan nilai rata-rata 119,8 HB, dan cenderung konstan pada durasi 6 menit 127,08 HB, dan durasi 10 menit sebesar 128,6 HB.

Pengujian selanjutnya pada posisi benda uji pada kemiringan 25° dengan membandingkan material abrasif *steel shot* dan *steel grit*. *Steel shot* mengalami peningkatan dibanding material *base*nya terlihat nilai kekerasan pada durasi 2 menit 119,8 HB, dan mengalami relatif konstan pada durasi 6 menit sebesar 150,1 HB dan pada durasi 10 menit 152,4 HB. Berbeda pada material abrasif *steel grit* yang mengalami penurunan kekerasan terlihat mulai pada durasi 2 menit 126,5 HB, durasi 6 menit yang terendah 116,4 HB, dan pada durasi 10 menit sebesar 132,3 HB.

Pengujian berikutnya pada sudut penembakan 45° pada permukaan benda uji untuk perbandingan dua jenis abrasif. Pada abrasif *steel shot* cenderung mengalami peningkatan terlihat pada hasil *shotpening* selama 2 menit 150,8 HB, pada durasi 6 menit 153,9 HB, dan durasi 10 menit 156,1 HB. Sedangkan pada penggunaan abrasif *steel grit* mengalami penurunan kekerasan terlihat mulai dari durasi 2 menit sebesar 133,1 HB, paling rendah pada durasi 6 menit 123,9 HB, dan durasi 10 menit sebesar 133,3 HB.



Gambar 4. Grafik kekerasan permukaan HB

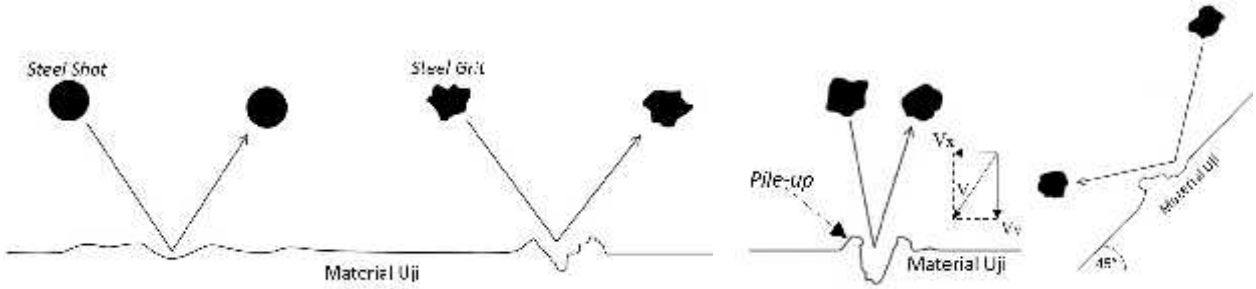
Perbandingan kekasaran permukaan dari beberapa sudut penembakan terlihat pada material abrasif *steel grit* memperlihatkan trend peningkatan setelah dilakukannnya *shotpeening* dibanding menggunakan abrasif *steel shot*. Terlihat pada ilustrasi penembakan (Gambar 5.a), hasil penumbukan *steel shot* relatif landai, sedangkan *steel grit* menghasilkan kontur yang tidak beraturan. Proses *shotpeening* ini, beberapa spesimen mengalami penggerusan diakibatkan terjadinya gesekan antara spesimen dengan material abrasif. Pengurangan terlihat dari selisi berat jenis antara sebelum dan sesudah proses *shotpeening*. Selisih berat jenis untuk abrasif *steel shot* didapat 0,02 gr sedangkan untuk material *steel grit* didapat 0,05-0,12 gr.

Perbandingan sudut kemiringan antara 0° (tegak lurus), 25°, dan 45°, untuk nilai kekasaran permukaan pada 0°, dan kemiringan 25° di durasi awal 2 menit Ra 1,389-2,126 µm, dan meningkat pada sudut kemiringan 45° pada durasi 2 menit pada *steel grit* sebesar Ra 2,904 µm, fenomena ini dapat diilustrasikan bahwa material abrasif *steel grit* dengan sudut penembakan 45° (gambar 5b.) menghasilkan *pile-up* yang besar menghasilkan nilai Ra yang lebih tinggi, seiring lamanya proses *shotpeening* nilai Ra akan kembali menurun dikarenakan proses penghalusan dan pemadatan kembali. Pada trend kekerasan cenderung mengalami peningkatan diakibatkan lamanya proses pemadatan permukaan hasil tumbukan abrasif. Perbedaan sangat nyata terlihat dari penelitian kali ini antara material abrasif *steel shot* cenderung mengalami peningkatan nilai kekerasannya sedangkan pada *steel grit* mengalami penurunan, diakibatkan dari *pile-up* yang terbentuk dari tumbukan *steel grit* membuat kawah yang lebih besar, sehingga pada saat pengujian kekerasan dengan metode indentasi menekan permukaan material uji bisa lebih dalam.

Penelitian ini melihat perbandingan material abrasif *steel shot* dan *steel grit* pada proses *shotpeening* terhadap hasil kekasaran permukaan dan kekerasan pada material implan. Ada tiga variabel yang divariasikan yaitu jenis abrasif, derajat kemiringan spesimen, dan durasi waktu penembakan. Bentuk tulang manusia berbeda-beda sehingga untuk membuat material implan diharapkan menggunakan material yang mampu bentuk, dan memiliki nilai kekerasan yang lebih baik. Material *stainless steel* merupakan material yang memiliki nilai karbon yang rendah, sehingga masih dapat digunakan sebagai biomaterial.

Selisi berat jenis yang terjadi akibat adanya gesekan *steel shot*/*steel grit* pada permukaan spesimen dengan arah penembakan yang tidak tegak lurus sehingga terjadinya efek gesekan. Penelitian Iqbal [4], penggambarkan efek dari selisi diameter dari sekrup implan yang diakibatkan tergerus oleh pasir silika dalam proses *sandblasting*. Untuk material selindris lebih banyak mengalami abrasif akibat sudut penembakan yang tidak merata.

Transformasi kekasaran permukaan pada pada proses *shotpeening*, *sandblasting* yang telah dilakukan oleh iqbal, dkk. 2011, Mukhsen dan Imam, 2018 dan SMAT yang dilakukan oleh Arifvianto dkk, [11] [12] Terlihat hasil penembakan pada durasi awal mengalami peningkatan yang drastis kemudian mengalami penurunan pada durasi penembakan yang lebih lama. Fenomena ini diakibatkan pada penembakan diawal belum sepenuhnya merata ke seluruh permukaan, sehingga membentuk permukaan yang masih kasar. Sedangkan dengan durasi yang lebih lama membuat permukaan menjadi lebih halus, dikarenakan terjadinya perubahan struktur yang disebut *several plastic deformation* (SPD). SPD terjadi pada kedalaman sekitar 30 µm pada permukaan implan dimana struktur butirannya menjadi kecil akibat proses benturan material abrasif.



Gambar 5. a. Ilustrasi penembakan antara *steel shot* dan *steel grit*, b. Arah penembakan *steel grit*.

Kekasaran maksimal pada penumbukan *steel grit* pada durasi 2 menit pada posisi spesimen 45° didapat nilai Ra 2,903 µm, peningkatan nilai Ra 2,815 µm dari sebelum di-*shotpeening*. Penumbukan pada durasi awal memperlihatkan adanya dislokasi yang belum merata, hanya terjadi dislokasi setempat. Seiring durasi penembakan lebih lama maka kekasaran permukaan kembali menurun. *Pile-up* yang terbentuk diawal akan memadat kembali seiring penembakan yang berulang-ulang.

Nilai kekerasan tertinggi didapat pada material abrasif *steel shot* dibandingkan *steel grit*. Pada spesimen uji tegak lurus di durasi 10 menit didapatkan nilai 164,13 HB kekerasan naik 19,01 HB atau naik sebesar 13% dari sebelum di-*shotpeening*. Kenaikan kekerasan disebabkan tingginya densitas dislokasi pada struktur mikro pada daerah *sub-layer* hasil *shotpeening* Azar, dkk [15] dan Feng, dkk [16]. SPD pada permukaan hasil dari *shotpeening* diakibatkan terjadinya tumbukan *steel shot*/*steel grit* pada permukaan logam. *Steel shot/steel grit* tersebut membentuk dislokasi plastis permanen pada permukaan. Dislokasi yang terjadi terjadi hingga kedalaman 100µm dari permukaan Todaka, dkk [17]. Seiring berulangnya penumbukan *Steel shot/steel grit* maka semakin banyaknya terjadi dislokasi di permukaan maka mempengaruhi dislokasi disekitarnya. Interaksi dislokasi yang tinggi menyebabkan kerapatan pada batas butir, sehingga merubah ukuran butir yang awalnya berukuran besar menjadi lebih kecil sebatas area permukaan. Penurunan kekerasan permukaan penggunaan *steel grit* diakibatkan terbentuknya *micro crack* di permukaan spesimen. Hasil uji kekasaran meningkat drastis akibat penumbukan material yang *unishape*. Proses indentasi pada material uji searah dari penumbukan material abrasif, sehingga menurunkan nilai kekerasannya.

Derajat kemiringan spesimen terhadap arah penebakan menghasilkan penumbukan tidak semaksimal dengan arah yang tegak lurus, sehingga hasil kekerasan yang didapat tidak signifikan. Terlihat pada gambar 5, menunjukaan arah penembakan ke permukaan dengan arah Vx dan Vy. Dimana dampak penembakan telah berkurang akibat arah gaya x dan y, sehingga pada posisi arah penembakan yang tidak tegak lurus terhadap nossel sehingga didapatkan nilai kekerasan tidak setinggi pada percobaan dengan sudut kemiringan 0°. Fenomena ini terjadi pada penelitian Arivianto [12], dimana pengujiannya menggunakan metode SMAT (*Surface Mechanical Attrition Treatment*) menyatakan hal yang sama tentang penembakan secara random pada permukaan spesimen. Untuk mendapatkan gaya atau tumbukan yang maksimal maka arah penembakan harus tegak lurus dari arah penembakan, sehingga Vx atau Vy sama dengan V.

4. KESIMPULAN

Efek dari *shotpeening* terlihat perubahaan peningkatan kekasaran permukaan utuk material abrasif *steel shot*, dan peningkatan nilai kekasaran maksimum pada durasi 2 menit dengan kemiringan benda uji 45° didapat pada pengunaan abrsif *steel grit*. Efek *shotpeening* terhadap kekerasan permukaan mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan didapat pada penggunaan abrasif *steel shot*, sedangkan *steel grit* mengalami penurunan.

Efek dari penggunaan material abrasif *steel grit* mengakibatkan nilai kekasaran permukaan meningkat dan berdampak menurunnya nilai kekerasan pada permukaan material *stainless steel*. Sedangkan pada material *steel shot* peningkatan kekasaran tidak signifikan tetapi tetap meningkatkan nilai kekerasan permukaan. Hasil penembakan *steel shot*/*steel grit* meninggalkan kawah dan *pile-up* pada permukaan *stailess steel*. *Pile-up* akan memadat seiring durasi penyemprotan yang lebih lama.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] ISKANDAR, RONALD. EVALUASI STRUKTUR PERMUKAAN DARI IMPLAN BERBAHAN METAL YANG DIPRODUKSI LOKAL DAN KORELASI DENGAN PROLIFERASI OSTEOBLAS DAN FIBROBLAS. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2019.

[2] Mukhsen, Muh Iqbal, and Imam Taukhid. "PENGARUH SHOTPEENING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN." Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M). 2018.

[3] Mukhsen, M. I., Mahardika, M., & Suyitno, S. Pengaruh Sandblasting Terhadap Struktur Mikro Pada Sekrup Implan Baja Tahan Karat AISI 316L. Jurnal MEKANIKAL, 8(1).

[4] Iqbal, Muh, et al. "The effect of sandblasting on AISI 316L stainless steels." Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar. Vol. 2. 2011.

[5] Muslim Mahardika, S. T. PENGARUH SANDBLASTING DAN ELECTROPOLISHING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN, STRUKTUR MIKRO, DAN KEKERASAN SEKRUP IMPLAN BAJA TAHAN KARAT AISI 316L. Diss. [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada, 2012.

[6] Yaqin, Rizqi Ilmal, Priyo Tri Iswanto, and Bambang Hari Priyambodo. "Pengaruh durasi shot peening terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan pada AISI 316L." Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta. Vol. 3. 2017.

[7] Elias, Carlos Nelson, et al. "Relationship between surface properties (roughness, wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque." Journal of the mechanical behavior of biomedical materials 1.3 (2008): 234-242.

[8] Aparicio, Conrado, et al. "Corrosion behaviour of commercially pure titanium shot blasted with different materials and sizes of shot particles for dental implant applications." Biomaterials 24.2 (2003): 263-273.

[9] Piattelli, A., et al. "Direct bone formation on sand-blasted titanium implants: an experimental study." Biomaterials 17.10 (1996): 1015-1018.

[10] Rupp, F., Scheideler, L., Rehbein, D., Axmann, D., dan Geis-Gerstorfer, J. 2004. Roughness Induced Dynamic Changes of Wettability of Acid Etched Titanium Implant Modifications. Biomaterials. Vol 25, issues 7–8, pp 1429–1438.

[11] Arifvianto, B., and Muslim Mahardika. "Effect of sandblasting and surface mechanical attrition treatment on surface roughness, wettability, and microhardness distribution of AISI 316L." Key Engineering Materials. Vol. 462. Trans Tech Publications, 2011.

[12] Arifvianto, B., et al. "Effect of surface mechanical attrition treatment (SMAT) on microhardness, surface roughness and wettability of AISI 316L." Materials Chemistry and Physics 125.3 (2011): 418-426.

[13] Liu, Y. G., M. Q. Li, and H. J. Liu. "Nanostructure and surface roughness in the processed surface layer of Ti-6Al-4V via shot peening." Materials Characterization 123 (2017): 83-90.

[14] Jiang, X. P., et al. "Enhancement of fatigue and corrosion properties of pure Ti by sandblasting." Materials Science and Engineering: A 429.1-2 (2006): 30-35.

[15] Azar, V., B. Hashemi, and Mahboobeh Rezaee Yazdi. "The effect of shot peening on fatigue and corrosion behavior of 316L stainless steel in Ringer's solution." Surface and Coatings technology 204.21-22 (2010): 3546-3551.

[16] Feng, Qiang, Chuanhai Jiang, and Zhou Xu. "Residual Stress Relaxation of Shot-Peened Deformation Surface Layer on Duplex Stainless Steel Under Applied Loading." Journal of materials engineering and performance 23.2 (2014): 408-412.

[17] Todaka, Yoshikazu, Minoru Umemoto, and Koichi Tsuchiya. "Comparison of nanocrystalline surface layer in steels formed by air blast and ultrasonic shot peening." Materials Transactions 45.2 (2004): 376-379.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada: 1). Kemenristekdikti atas dana rutin program penelitian tahun 2019 yang telah diberikan. 2). Direktur dan Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memberikan kesempatan untuk mengikuti program Penelitian Dosen Pemula. 3) Semua pihak yang terlibat dalam proses pelaksanaan penelitian kali ini.

PERANCANGAN DESAIN PLTMH UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN LISTRIK DI DESA LEDAN KEC. BUNTU BATU KAB. ENREKANG

Sri Suwasti[1)], Nur Wahyuni[1)], Jamal Jamal[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The research aims to study the feasibility of building a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) in the village of Ledan, Buntu Batu District, Enrekang Regency. The benefits of the research to knowing the feasibility of development and can provide solutions and recommendations to local governments for the development of PLTMH in meeting the electricity needs of the community. The research begins with the collection of initial data related to how much electricity can be generated and how much electricity is needed by the community, Next the design planning is carried out to obtain the design and dimensions of the PLTMH components needed. Data and results obtained are head 4 m, discharge 0.907 m^3/s the number of families that have not been electrified is 15 households. The electric power that is able to be generated by 26,693 kW PLTMH, and is able to meet the electricity needs of 29 households. The results of PLTMH planning are simple and can be made and installation easily and does not require large costs. The development of this PLTMH is theoretically capable of meeting the electricity needs of the community that have not yet been electrified, making it feasible to undertake the construction of a PLTMH.

Keywords*: micro-hydro, electricity, feasibility study*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi air yang sangat besar, sebagian telah dimanfaatkan dan masih sangat banyak yang belum termanfaatkan. Terdapat pula energi air skala kecil yang banyak dan sangat layak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah pedesaan [1]. Potensi energi air di Indonesia 10 persen (berkisar 7.500 MW) bisa digunakan untuk PLTMH. Saat ini, yang dimanfaatkan untuk pembangunan PLTMH baru sebesar 60 MW [2].

Kelayakan PLTMH sebagai pembangkit listrik terus dilakukan dengan melakukan berbegai penelitian diantaranya adalah variasi jumlah sudu diperoleh efisiensi 22,3% [3], pengaruh posisi sudu pengarah diperoleh efisiensi 13,48% [4], juga dilakukan penggunaan nozzle tingkat dua diperoleh efisiensi 74,88% [5].

Pengembangan penelitian PLTMH lainnya dilakukan dengan pemasangan guide vane pada sisi isapan [6], variasi lain yang dilakukan adalah pada nozzle dan sudu turbin [7].

Berbagai pembangunan PLTMH telah dilakukan diantaranya adalah pembangunan PLTMH yang dilakukan di di Dukuh Pekuluran Kec. Doro Kab. Pekalongan [8], juga dilakukan pembangunan PLTMH dengan memanfaatkan tenaga air pada industri pengolahan air [9], pembangunan PLTMH lainnya adalah di Sumbawa [10], pembangunan lainnya adalah dengan melakukan sistim hybrid PLTMH dengan sel surya dan energi angin [11].

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian tahap awal, sehingga diharapkan penelitian ini nantinya dapat berkelanjutan hingga pada tahap akhir yaitu pembangunan PLTMH, sehingga dapat dirasakan lansung oleh masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan listrik mereka.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan tahap awal dari pembangunan sebuah PLTMH. Pembangunan PLTMH selalu dimulai dengan perancangan desain PLTMH, yang keseluruhannya berpatokan pada ketersediaan sumber daya air serta kemampuan sumber daya air tersebut dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan data awal yaitu kondisi lapangan, pengambilan data awal bertujuan utuk mendapatkan data kondisi lapangan yang berhubungan dengan perencanaan desain.

Data awal ini berhubungan dengan seberapa besar energi yang dapat dibangkitkan oleh sumber daya air dan seberapa besar kebutuhan listrik masyarakat disekitar daerah PLTMH yang didesain. Dengan mengetahui data awal tersebut maka perencanaan desain dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat secara perencanaan dan akan dijadikan rujukan dalam rancang bangun PLTMH pada daerah tersebut.

[1]Korespondensipenulis: Jamal Jamal, Telp 081343670304, jamal_mesin@poliupg.ac.id

Setelah data awal berupa kondisi lapangan diperolah kemudian dilakukan perencanaan desain. Sehingga pengambilan data awal kondisi lapangan harus dilakukan secara tepat, akurat dan berulang.

Pada perencanaan desain akan diperoleh desain dan dimensi turbin, besar daya yang mempu dibangkitkan generator, dimensi transmisi mekanik, dimensi pipa penstock, dimensi bendungan, dimensi rumah turbin dan lain-lain yang berhubungan dengan kebutuhan pembangunan PLTMH.

Setelah dilakukan perencanaan desain, selanjutnya dilakukan evaluasi desain yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan sumber daya air yang ada untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, evaluasi ini pada akhirnya akan menjadi patokan dalam pembuatan PLTMH di desa Ledan kecamatan Buntu Datu kabupaten Enrekang propinsi Sulawesi Selatan.

Hasil evaluasi ini nantinya akan disampaikan kepada masyarakat beserta perkiraan rencana biaya pembangunannya, sehingga masyarakat dapat berupaya baik melalui swadaya maupun mengupayakan bantuan swasta dan atau pemerintah dalam pembangunan nantinya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengambilan data awal yaitu kondisi lapangan di desa Ledan kecamatan Buntu Datu kabupaten Enrekang propinsi Sulawesi Selatan, diperoleh parameter-parameter sebagai berikut:

- Tinggi tekan / head (H) = 4 meter (masih memungkinkan lebih)
- Kecepatan aliran air (V) = 0,64 m/s
- Luas penampang aliran (A) = 1,93 m^2
- Kapasitas aliran / debit (Q) = 0,907 m^3/s
- Jumlah penduduk sekitar aliran = 15 kk (yang belum teraliri listrik)

Untuk memperoleh daya listrik yang mampu dibangkitkan selain dibutuhkan data kondisi lapangan yang diperolah di atas juga dibutuhkan parameter-parameter tambahan sebagai berikut:

- Massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m^3
- Percepatan grafitasi (g) = 9,81 m/s^2
- Efisiensi total = 75 % (Yuniarti, 2012)

Berdasarkan data kondisi lapangan dan parameter-parameter tambahan di atas, maka besar daya listrik yang mampu dibangkitkan adalah sebagai berikut:

$$P = \rho \text{ x } g \text{ x } Q \text{ x } H \text{ x } \eta_t$$

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \text{ x } 9{,}81 \frac{m}{s^2} \text{ x } 0{,}907 \frac{m^3}{s} \text{ x } 4 \text{ m x } 75\ \%$$

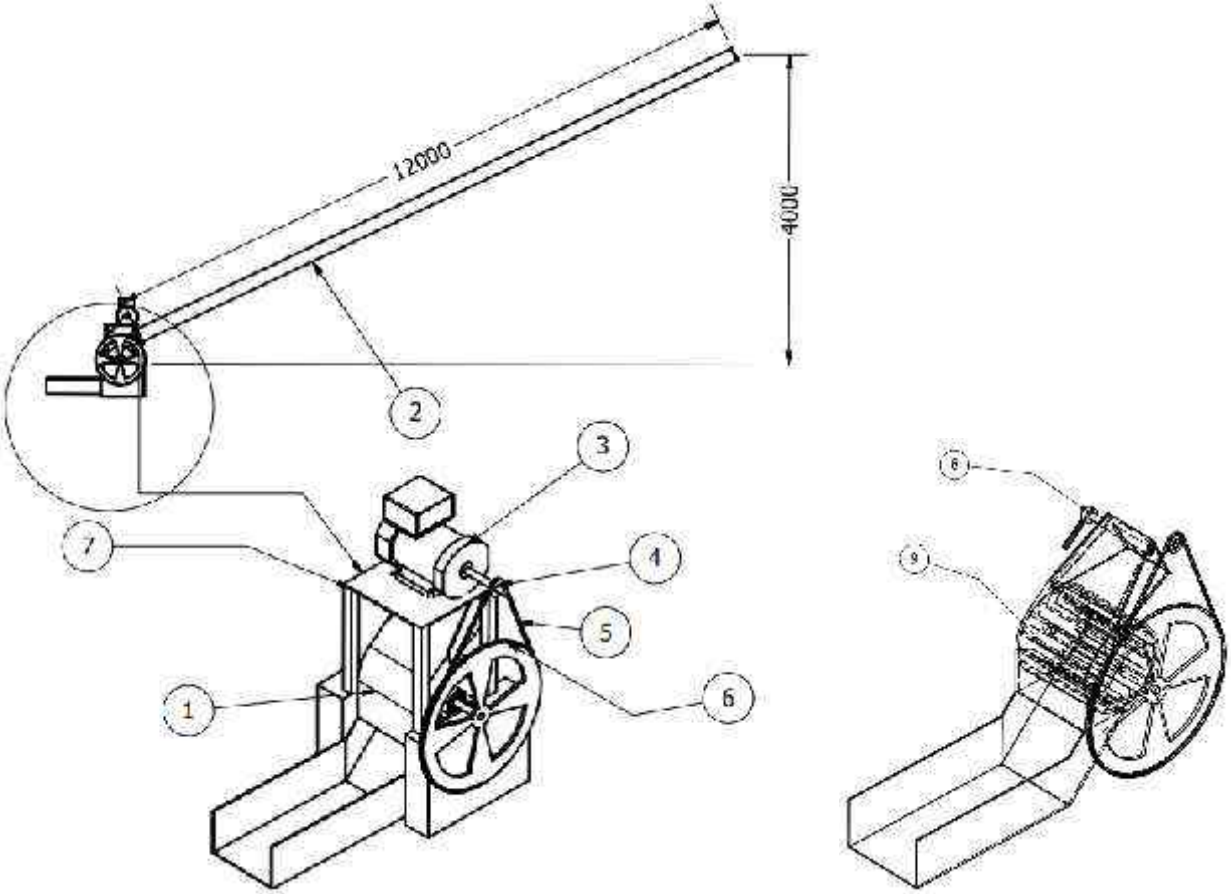
$$P = 26693 \text{ W} = 26{,}693 \text{ kW}$$

Berdasarkan analisa secara teoritis diperoleh daya listrik yang mampu dibangkitkan oleh PLTMH adalah sebesar 26,693 kW. Daya listrik yang mampu dibangkitkan oleh PLTMH jika didistribusikan ke masyarakat sekitar PLTMH dengan jatah setiap kepala keluarga (KK) sebesar 900 W, maka jumlah KK yang dapat disuplai adalah sebesar 29 KK, jumlah ini melebihi jumlah KK yang ada disekitar pembangkit, sehingga PLTMH ini layak dibangun untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang belum teraliri listrik di desa Ledan kecamatan Buntu Datu kabupaten Enrekang propinsi Sulawesi Selatan.

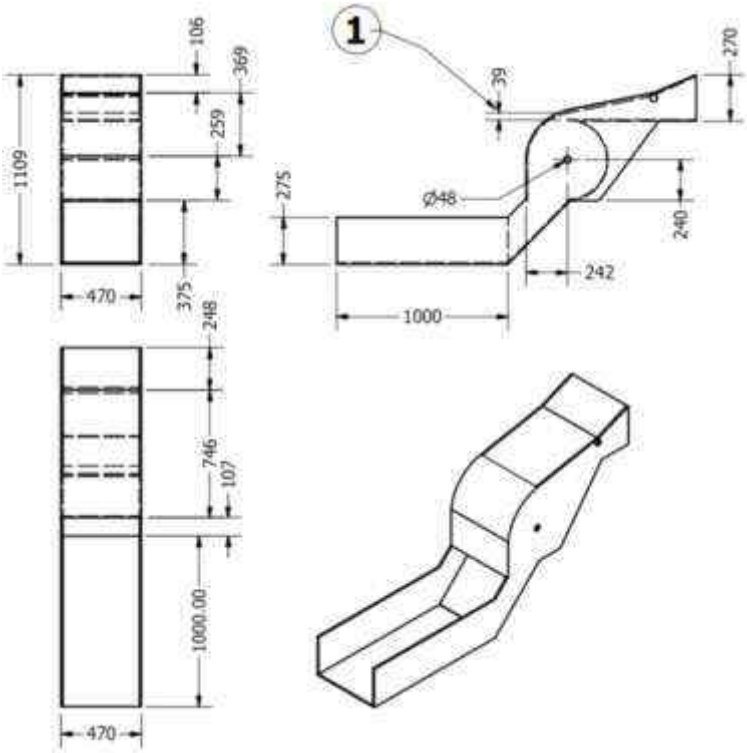
Adapun hasil perencanaan desain PLTMH yang dilakukan diperoleh dimensi sesuai dengan gambar 1 sampai gambar 3:

Tabel 1. Nama-nama komponen PLTMH

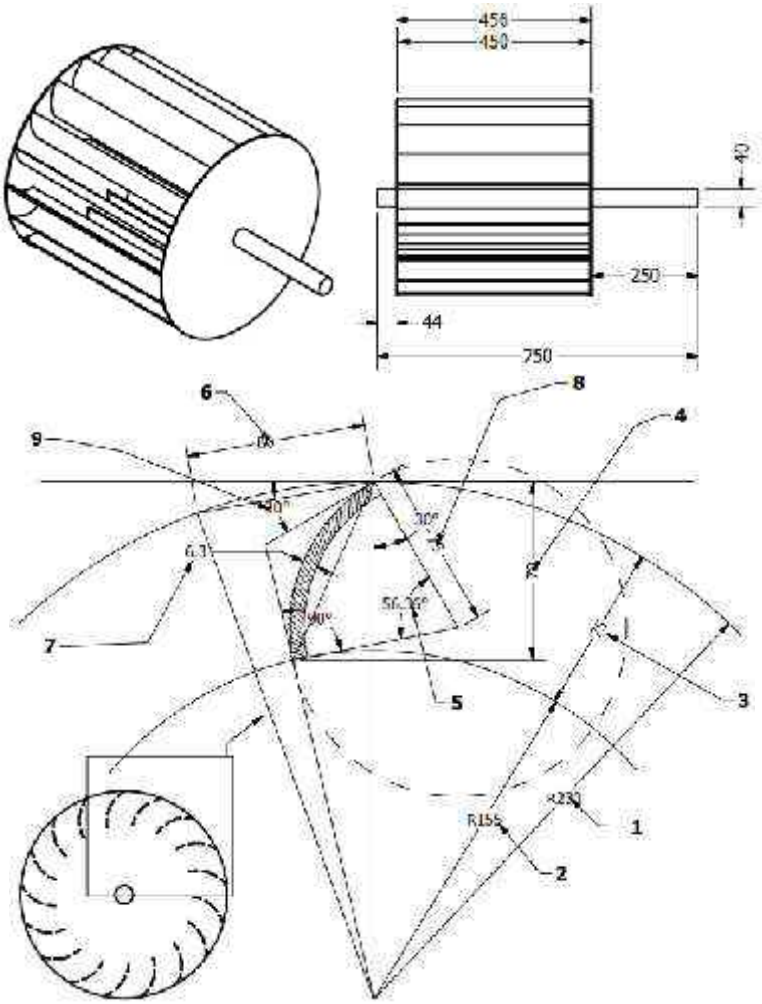
No	Nama Bagian	Jumlah	Bahan	Ukuran	Ket.
1	Rumah turbin	1	Besi pelat	Tebal 8 mm	Didesain
2	Pipa penstock	30	PVC	Ø 270 mm	Didesain
3	Generator	1			Standar
4	Puli Generator	1	Besi cor	Ø 100 mm	Standar
5	V-belt	1		Type D	Standar
6	Puli Turbin	1	Besi cor	Ø 900 mm	Standar
7	Dudukan Alat	1	Besi pelat	Tebal 8 mm	Didesain
8	Turbin	1	Besi pelat	Tebal 6 mm	Didesain
9	Katup pengarah	1	Besi pelat		Didesain



Gambar 1. Komponen-komponen PLTMH



Gambar 2. Rumah turbin



Gambar 3. Turbin crossflow

Tabel 2. Dimensi bagian-bagian turbin crossflow

No	Nama bagian	Ukuran
1	Diameter luar turbin	230 mm
2	Diameter dalam turbin	155 mm
3	Jari-jari kelengkungan sudu	75 mm
4	Lebar sudu	78 mm
5	Sudut pusat / sudut tengah	56,36
6	Jarak antar sudu	80 mm
7	Ketebalan sudu	6,3 mm
8	Jari-jari kelengkungan sudu	70 mm
9	Sudut masuk	30°

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian/pengukuran dan analisa data serta perencanaan desain dapat disimpulkan sebagai berikut:

1) Kondisi lapangan yang diperoleh adalah head 4 m, debit 0,907 m3/s jumlah keluarga yang belum teraliri listrik adalah 15 KK.
2) Daya listrik yang mampu dibangkitkan oleh PLTMH secara teoritis adalah sebesar 26,693 kW, dan mampu memenuhi kebutuhan listrik sejumlah 29 KK.
3) Diperoleh hasil perencanaan PLTMH yang sederhana dan dapat dilakukan pembuatan dan pemasangan dengan mudah serta tidak membutuhkan biaya yang besar.

4) Pembangunan PLTMH ini secara teoritis mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang belum teraliri listri, sehingga layak untuk dilakukan pembangunan PLTMH.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Napitupulu F.H. 2008. *Potensi Air Terjun Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) di Sumatera Utara*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Mekanika Fluida pada Fakultas Teknik, diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara.

[2] Kurniawan B. 2007. *Mengapa Mikrohidro*. Seminar nasional teknologi (SNT 2007) ISSN : 1978-9777, Yogyakarta.

[3] Winardi, Harwin Saptodi, 2004. *Pengaruh Jumlah Sudu Jalan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Aliran Silang*, TEKNOSAINS April 2004. Hal .230-250

[4] Yus Widarko. dkk, 2004, *The Efects Of Opening Variation Of Guide Van On The Effeciency Of Cross Flow Turbine*, Program Studi Magister Sistim Teknik Mikro Hidro, UGM.

[5] Jusuf Haurissa, Rudi Soenoko, 2010, *Performance and Flow Characteristics Lattitude With Addition in Nozzle, Turbine Blades Second Level*. IJAR Journal Economics And Engineering no. 4, Page: 30-32. Azerbaijan

[6] Junichiro F. dan Rei N. 2005. *Performance and Internal Flow of Cross-Flow Fan with Inlet Guide Vane*. JMSE International Journal series B, vol. 48, No. 4

[7] Yong D.C., dkk. 2008. *Performance and Internal Flow Characteristics of a Cross-Flow Hydro Turbine by the Shapes of Nozzle and Runner Blade*. Jurnal of Fluid Science and Technology. Korea Maritime University. Vol.3, No3, 2008.

[8] Sudargana dkk. 2005. *Studi Kelayakan dan Prancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Dukuh Pekuluran Kec. Doro Kab. Pekalongan*. Jurnal ROTASI Volume 7, Nomor 2, Halaman 1-5.

[9] Theophilus Gaius dan obaseki. 2010. *Hydropower opportunities in the water industry*. International Journal of Environmental Sciences Volume 1, No 3, Hal 392-402. ISSN 0976 – 4402.

[10] Abdul A.H. dan Lily M. 2011. *Design of Micro Hydro Electrical Power at Brang Rea River In West Sumbawa of Indonesia*. Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation, Volume 1, Number 2, Page: 177-183. ISSN 2088-3218

[11] Deepak K.L., dkk. 2011. *Optimization of PV/Wind/Micro-Hydro/Diesel Hybrid Power System in HOMER for the Study Area*. International Journal on Electrical Engineering and Informatics - Volume 3, Number 3, Page 307-325.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendanai kegiatan Penelitian ini melalui Hibah Penelitian Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang tahun anggaran 2019.

PENGEMBANGAN DESAIN MESIN BELAH BAMBU

Muh. Rusdi[1)], Mastang[2)]
[1,2)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and fabricated bamboo splitting tool that can increase the speed of cleavage 2 times faster. The speed of splitting bamboo manually with a bamboo length of 2 m is around 15 seconds and the speed of splitting bamboo using existing tools (bamboo split in half) is about 7 seconds. The method used for this activity is a cutting / splitting component that is designed using 4 (four) cutting blades, which are placed in a circular shape and bound using a weld. Bamboo that will be split is delivered and directed to the cutting component. The driving motor used is a gasoline motor with a power of 5.5 HP. The results of this study are bamboo with a length of 2 m can be divided into 4 parts in about 3 seconds. As a concluding remark that the resulting tool can accelerate the splitting of bamboo to 4.67 times faster than the previous tool.

Keywords: *Bamboo splitting tool, Design and Manufacturing*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan bambu sebagai bahan kontruksi bangunan, dinding dan lantai rumah sudah sejak dulu dikenal pada masyarakat Sulawesi Selatan. Selain itu bambu juga banyak digunakan sebagai bahan kerajinan tangan, seperti pembuatan tikar bambu, tirai bambu, peralatan dapur, meja dan kursi bambu, usaha ini berkembang pesat sekitar tahun 1970an. Hal ini ditandai dengan banyaknya usaha kerajinan tangan yang dapat dijumpai pada daerah selatan kota Makassar: sekitan jalan Veteran selatan, jalan Andi Tonro, jalan Sultan Alaudin dan beberapa tempat lainnya. Saat ini, pengrajin yang menggunakan bambu sebagai bahan dasar sangat susah lagi dijumpai di Kota Makassar, satu-satunya pengrajin bambu yang masih aktif di Kota Makassar yaitu pengrajin bambu "Tirai Bambu 45" beralamat jalan Andi Tonro nomor 45.

Selanjutnya, bambu sebagai bahan tikar, tirai, meja dan kursi banyak dijumpai pada masyarakat pedesaan dan daerah pinggiran perkotaan atau sebagai hiasan dan dekorasi pada tempat-tembat hajatan. Untuk membuat bambu sebagai bahan tikar, tirai, meja dan kursi terlebih dahulu bambu dibentuk sesuai dengan peruntukannya. Misalnya, untuk membuat alas atau dudukan kursi atau tikar dan tirai, terlebih dahulu bambu dibelah menjadi beberapa bagian kemudian dirapihkan dan diawetkan. Lebar bambu untuk kebutuhan tirai dan tikar sekitar 2 (dua) cm dan untuk kebutuhan alas kursi dan meja sekitar 5 cm atau tergantung selera pemesan, Januali (5 Januari 2019) pengusaha kerajinan bambu "Tirai Bambu 45".

Untuk membelah bambu menjadi beberapa bagian secara manual membutuhkan waktu yang cukup lama, selain itu sering terjadi kecelakaan kerja seperti tangan teriris oleh bambu. Alat pembelah bambu yang dikembangkan oleh mahasiswa Teknik Mesin bahwa untuk membelah bambu menjadi 2 (dua) bagian, dengan panjang 2 m dan diameter sekitar 20 cm membutuhkan waktu yang cukup lama, sekitar 7 detik untuk sekali proses.

Masalah yang dihadapai pengrajin bambu adalah bagaimana membelah bambu yang berukuran panjang sekitar 2 (dua) meter dengan lebar sekitar (2-5) cm dalam waktu cepat (tidak lebih dari 7 detik) per sekali proses dan dengan tingkat keaman sangat baik. Pada penelitian ini, peneliti merancang alat yang dapat meningkatkan kapasitas produksi menjadi minimal 2 (dua) kali lipat (100%) atau 2 (dua) belahan bambu per 7 detik menjadi 4 (empat) belahan bambu per 7 detik.

Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah melestarikan pengrajin bambu dari kepunahan akibat dari ketidak mampuan bertahan dari moderdisasi masyarakat kekinian yang sering diistilahkan masyarakat minilial. Kerajinan bambu kurang diminati karena kurang menarik dari segi estetika. Disamping itu, pengrajin juga banyak yang berhenti sebagai pengrajin dan beralih ke-pekerjaan lain. Sementara itu, beberapa jenis produk yang diproduksi dengan menggunakan mesin modern yang memiliki bentuk yang mirip dan fungsi yang sama dapat mengganti produksi kerajinan masyarakat, seperti tikar plastik, kursi dan meja plastik.

Jika hal ini dibiarkan, maka dapat dipastikan pengrajin bambu akan punah dan nilai-nilai tradisional produk berbahan bambu akan hilang dan dapat menambah penganggunan di Negeri ini. Alat atau mesin yang

[1] Korespondensi penulis: Muh. Rusdi, Telp. 081355989944, muh_rusdi@poliupg.ac.id

akan dikembangkan mungkin tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pelestarian pengrajin bambu, namun setidaknya dapat menyumbangkan inovasi dan memudahkan pengrajin bambu dalam melaksanakan aktifitasnya, sehingga pengrajin bambu dapat bekerja dengan nyaman, aman, memudahkan pekerjaan dan akhirnya meningkatkan kembali motifasi kerja, sehingga mengurangi pengangguran dan dapat meningkatkatkan kesejahteraannya.

Tujuan khusus penelitian adalah merancang peralatan atau mesin tepat guna yang dapat membelah bambu menjadi minimal 4 (empat) bagian dalam waktu tidak lebih dari 7 detik. Alat tersebut dipastikan dapat meningkatkan kapasitas produksi belahan bamtu dan memiliki tingkat keamanan pekerja sangat terjamin. Sehingga kapasitas produksi kerajinan bambu meningkat, keamanan kerja terjamin dan pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan pengrajin bambu.

Rautan/belahan bambu dengan ukuran lebar sekitar 5 cm sebagai bahan untuk mebuat kursi dan meja, dan rautan/belahan bambu dengan ukuran lebar sekitar 2 cm sebagai bahan untuk membuat anyaman tikar dan tirai. Untuk mendapatkan ukuran langsung sekitar 5 cm dan 2 cm dari bambu yang memiliki ukuran diameter sekitar 20 cm memerlukan tingkat kesukaran yang tinggi dan memerlukan waktu yang lama serta resiko kecelakaan yang tinggi. Urgensi penelitian ini, adalah pengrajin dapat lebih muda dalam membelah bambu, dengan menggunakan alat yang dirancang maka bambu dapat dibelah menjadi 4 (embat) bagian dengan ukuran yang seragam, selanjutnya dibelah dua lagi dengan cara manual sampai mendapatkan ukuran yang diinginkan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium pengujian kekuatan bahan dan bengkel mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang dari bulan Maret s.d. September 2019 dengan menggunalakan peralatan utama; Mesin Bubut; Mesin Milling dan *Cutter* Milling; Mesin Potong Gergaji; Mesin Bor; dan Mesin Las; serta alat uji kekuatan Universal Testing Machine (UTM) Galdabini Type PM 100 dengan kekuatan Tarik maksimum 100 kN. Bahan yang yang digunakan dalam membuat alat belah bambu adalah: Elektoda RB 26; Elektoda RD 26; Baja profil L 40 x 40; Baja 42 dan baja 60; Rubber V-Belt; Pully; Bantalan;Tromol Pengarah; Shock; dan Garpu Motor (bagian belakang).

2.2 Tahap Perancangan

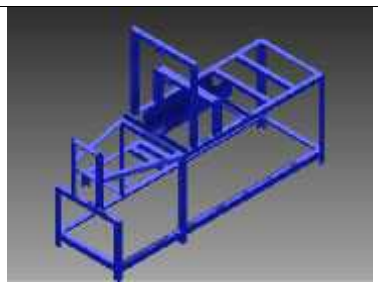
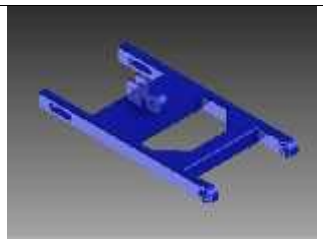
Tahapan ini dilakukan dengan berbagai kegiatan sebagai berikut:

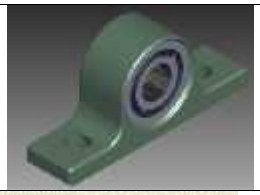
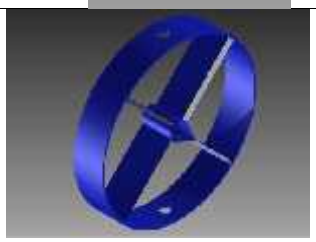
1. Mengidentifikasi dan merumuskan masalah pokok melalui kunjungan lansung ke industry/tempat pembuatan Tirai bambu yang berlokasi di Jl.Andi Tonro nomor 45.
2. Mengidentifikasi masalah-masalah dan membuat rancangan awal konstruksi mesin yang akan dibuat, dengan acuan pada kemudahan operasional alat.
3. Mengidentifikasi mekanisme pembelahan.
4. Mengidentifikasi alat-alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan mesin pembelah bambu.
5. Membuat gambar rancangan (Gambar desain) dari komponen-komponen yang akan dibuat. Pembuatan gambar desain dilakukan dengan cara menggambar di computer menggunakan *Software Autodesk Inventor (2015)*.

2.3 Tahap Pembuatan

Setelah dilakukan tahap perancangan, maka tahap berikutnya adalah tahap pembuatan. Pembuatan mesin pembelah bambu ini dilakukan berdasarkan pengelompokan komponen-komponen. Hal ini dimaksudkan untukmemudahkan dalam proses pengerjaan dan perakitan alat. Komponen utama yang dibuat antara lain: rangka dan cam.

No	Nama Komponen	Gambar Desain	Alat dan Bahan	Prosedur Pengerjaan
1	Rangka		**Alat** - Meteran - Mistar siku - Kapur - Penitik - Gerinda potong	- Rangka mesin pembelah bambu ini dibuat dengan besi siku (profil L), besi profil U, dan besi holo 3x3. Rangka mesin terdiri dari komponen sebagagai berikut: rangka atas sebagai dudukan besi pipa untuk jalur masuknya bambu, dudukan stan untuk *swing arm*, serta dudukan untuk stand

			- Mesin las (SMAW) - Mesin bor - Mata bor Ø10 mm, Ø12 mm, dan Ø14 mm **Bahan** - Besi siku - Besi profil U - Besi holo 3 x 3 cm dan 1x3 cm - Besi pipa Ø 150 mm - Elektroda	*Shockbreaker*rangka bawa sebagai dudukan motor serta rangka depan sebagai rangka landasan untuk stand mata pisau serta dudukan untuk bantakan dan rodanya. - Besi siku diukur dengan ukuran yang telah ditentukan dan dipotong menggunakan mesin gerinda tangan, kemudian dirangkai satu sama lain dengan menggunakan las listrik sehingga terbentuk suatu rangka mesin yang utuh sesuai dengan gambar rancangan. - Untuk menghaluskan hasil pengelasan pada bagian tertentu maka dilakukan penggerindaan.
2	Stand penekan		**Alat** : - Meteran - Kapur - Mesin las (OAW) - Gerinda Tangan (penghalus) - Kikir bulat - Mesin Bor tangan - Mata bor Ø12mm **Bahan** : - Besi holo 3x3 - Besi profil U - Besi plat - Besi pipa Ø4 mm - *Swing arm* motor	- Stand penekan terbuat dari *swing arm* sepeda motor bekas yang masih layak pakai. Dibagian tengah dipasangkan dua buah stand yang memiliki masing-masing lubang untuk tempat penyambung *Shockbreaker*. Standnya sendiri terbuat dari besi profil U dan besi holo 3x3 cm.. - Sebelumnya potong besi holo 3x3 cm dan besi profil U sesuai ukuran yang di tentukan. - Gambar stang *Shockbreaker* pada besi plat kemudian potong menggunakan mesin gerinda serta lubangi dengan menggunakan mesin bor berdiameter 12 mm. Begitu pun dengan besi pipa untuk stand yang satunya. - Sambungkan potongan besi profil U dengan stand *Shockbreaker* pada bagian yang telah ditentukan menggunakan las listrik. Begitupun potongan besi holo 3x3 cm dengan stand *Shockbreaker* sambung menggunakan las listrik pada bagian yang telah di tentukan. - Sambungkan stand *Shockbreaker* pada *swing arm* dibagian yang telah di tentukan. - Haluskan bagian pinggiran hasil penyambungan las dengan menggunakan gerinda penghalus sampai seluruh permukaan rata sesuai yang diinginkan. - Haluskan pula bagian lubang stand *Shockbreaker* menggunakan kikir bulat.
3	Penekan bambu		**Alat** : - Gerinda potong - Meteran **Bahan** : - 2 buah Tromol sepeda motor bebek - As roda dan mur - Ring	- Potong kedua tromol tersebut pada salah satu sisinya dengan ukuran yang telah di tentukan menggunakan gerida tangan. - Haluskan bagian tengah tromol menggunakan gerinda penghalus sampai dengan hasil yang ditentukan. - Pasang kedua tromol yang tadi dengan menggunakan As belakang motor dan pasang pula ring serta mur pada bagian ujungnya.

4	*Shockbreaker* sepeda motor		**Alat** : - **Bahan** : *Shockbreaker* sepeda motor	
5	Roda penggerak		**Alat** : - Gerinda potong - Meteran - Mesin las listrik - Mesin bor - Mata bor Ø10 mm **Bahan** : - Besi Poros Ø20 mm - 2 buah roda gerobak dorong. - Besi pipa Ø 30 mm - Elektroda - Baut M10	- Potong poros sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan menggunakan gerinda potong. - Potong besi pipa sesuai dengan ukuran diinginkan menggunakan gerinda potong. - Sambungkan potongan besi pipa pada bagian AS roda gerobak dengan menggunakan las listrik. - Setelah itu sambungkan bagian roda yang tadi dengan besi poros dengan menggunakan las listrik.
6	Bantalan		**Alat** : - **Bahan** - Bantalan	
7	V-belt		**Alat** : - **Bahan** V-belt	
8	Pulley		**Alat** : - **Bahan** : - Pulley	
9	Pisau pemakanan		**Alat** : - Mesin gerinda - Bor tangan - Mesin las listrik - Mistar baja - Spidol - Mata bor Ø12 mm **Bahan** : - Besi pipa Ø150 mm - Besi poros Ø18 mm dan Ø 33 mm. - Mata pisau ketam ukuran 300 mm - Elektroda	- Potong besi pipa sesuai ukuran yang diinginkan dengan menggunakan mesin gerinda dan lubangi pada 4 bagian yang berbeda dengan menggunakan mesin bor. - Ukur dan tandai mata pisau ketam sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan potong menggunakan mesin gerinda sebanyak mata pisau yang diinginkan. - Potong besi poros Ø 18 mm sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan runcingkan salah satu ujungnya menggunakan mesin gerinda. - Sambungkan ketiga komponen diatas menggunakan mesin las listrik sesuai bentuk yang di inginkan.

2.4 Tahap Perakitan

Tahap selanjutnya yang harus dilakukan setelah tahap pembuatan adalah tahap perakitan. Proses perakitan merupakan proses merangkai atau menggabungkan tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk suatu mekanisme kerja yang sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya.

Adapun langkah – langkah dalam proses perakitan adalah sebagai berikut :

1. Tahap perakitan dari komponen rangka adalah dengan cara dilas menggunakan mesin las listrik.
2. Tahap pemasanganpenekan bambu pada stand penekan dan diikat dengan menggunkan baut.
3. Tahap pemasannganstand penekan bambu pada bagian atas rangka mesin dan pasangkan dua baut pada lubang yang telah di siapkan.
4. Tahap pemasangan*shockbreaker*pada rangka mesin dan stan penekan pada bagian lubang yang telah disiapkan sesuai dengan ukuran diameter bambu dan di ikat dengan baut.
5. Tahap perakitan motor listrik pada bagian bawa rangka mesin dengan cara diikat dengan baut.
6. Tahap pemasangan bantalan pada kedua bagian sisi samping roda penggerak sesuai dengan perencanaan.
7. Tahap pemasangan roda penggerak pada bagian depan rangka mesin dan pasangkan empat baut pada lubang bantalan.
8. Tahap pemasangan pulley pada bagian poros roda penggerak sesuai dengan ukuran yang di rencanakan dan diikat menggunakan baut.
9. Tahap pemasangan tali V-bel pada bagian pulley driver ke pulley follower.
10. Tahap pemasangan pisau pemakanan pada bagian depan rangka mesin dengan arah mata pisau menghadap kea rah datangnya bambudan pasangkan empat baur pada lubang rangka mesin dan pisau pemakanan.

2.5 Prosedur pengujian

Prosedur pengujian bertujuan untuk menguji alat yang telah dirakit atau yang sudah dapat dioperasikan. Berikut langkah – langkah prosedur pengujian pada mesin penempa baja :

1. Sediakan bambu yang akan di belah.
2. Periksa setiap kondisi komponen terutama komponen yang bergerak maupun kondisi mesin sebelum mesin dihidupkan.
3. Nyalakan mesin dan atur kecepatan mesinnya.
4. Masukka bambu pada bagian stand banbu yang di siapkan
5. Arahkan bambu pada kedua roda yang berputar
6. Biarkan bambu berjalan sendiri dengan tarikan mesin melalu kedua roda.
7. Pengujian berakhir sampai setelah bambu terbelah setelah melewati pisau pemakanan

Teknik Analisa Data

Setelah melakukan proses pengujian, maka diperoleh data yang akan dianalisis dengan metode perbandingan, yaitu dengan membandingkan hasil pembelahan manual dengan menggunakan mesin pembelah bambu, aspek yang dibandingkan yaitu waktu yang di butuhkan dalam membelah bambu. Dengan metode ini dapat diketahui apakah dengan menggunakan mesin efisiensi waktu dapat di capai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Demensi komponen-komponen mesin belah bambu dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Tabel dimensi komponen mesin belah bambu

No.	Nama Komponen	Dimensi
1	Motor penggerak; Motor bensin	Daya motor: Rencana = 4,87 Terpasang = 5,5 HP
2	Poros penggerak	1” atau 25,4 mm
3	Puli	Diameter Puli 1 (motor) = 60 mm Diameter Puli 2 (alat/mesin) = 300 mm
4	Sabuk	Type B, lanjang 1400 mm

Hasil pengujian mesin belah bambu dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Tabel hasil pengujian mesin pembelah bambu

No	Ukuran bambu		Jumlah belahan	Waktu yang di

	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Putaran (rpm)	yang dihasilkan	butuhkan dalam membelah (det)
1.	62,5	2000	720	4	2
2.	72,3	2000	720	4	3

3.2 Pembahasan

Dari data tabel 4.3 memperlihatkan bahwa waktu yang digunakan untuk membelah bambu menjadi 4 (empat) bagian dengan panjang bambu 2 (dua) meter adalah sekitar 3 detik. Jika dibandingkan denga pembelahan bambu yang selama ini dilakukan masyarakat, maka terjadi peningkatan yang signifikan 4,67 kali lipat dan selama uji coba berlangsung tidak terjadi kecelakaan kerja.

Gambar 1. Mesin belah bambu

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah dengan penggunakan mesin belah bambu maka kecepatan belah bambu meningkat menjadi 4,67 kali lipat, pembelahan bambu dilakukan dengan mudah dan memberi rasa aman dalam proses membelah bambu.

5. DAFTAR PUSTAKA

Betawi, firmansyah. 2013 “Emas Hijau itu Bernama Bambu“, https://firmansyahbetawi.wordpress.com/2013/03/11/jenis-dan-mamfaat-bambu/ .2017.

Effiandi. N, Feidihal, Asmed, Nofriadi, 2001, Gambar Teknik Mesin sebagai peralatan dan perbaikan

Krisdiato, dkk, 2012 “https://bamboeindonesia.wordpress.com/penelitian-tentang-bambu/krisdianto-dkk“/.2017.

Sato, Takeshi, “Menggambar Mesin Menurut Standar ISO“, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1990.

Sularso, 2002. “Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin edisi Ke-10“, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2017

KAJI EKSPERIMENTAL MESIN PRES MINYAK KELAPA MURNI PROSES KERING KAPASITAS 25 KG/HARI

Leonard Tawalujan[1)], Fransicus Tulung[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado, Manado*

ABSTRACT

The purpose of this study is to optimize natural resources, especially coconut plants, by processing coconut fruits into pure coconut oil, dry processes effectively, efficiently and economically, by developing appropriate technology to modify the design of press machines, then made to the capacity of the home industry. The planning of this research will be carried out one year, namely: Specific objectives 1. Making the press machine mechanism, 2. Making the machine and testing the press machine and repairing parts that are not yet in accordance with the specifications and then testing the performance of the press machine for the home industry.

Keywords: *fumigation, liquid smoke, furnace, convection, distilation*

1. PENDAHULUAN

Sulawesi Utara sudah dikenal daerah yang kaya akan sumber daya alam, khususnya tanaman kelapa yang sangat melimpahwalaupun belum diberdayakan secara optimal akan kegunaanproduk kelapa dan turunannya. Luas perkebunan kelapa di Indonesia saat ini mencapai 3,8 juta hektar (Ha) yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 3,7 juta Ha; perkebunan milik pemerintah seluas 4.669 Ha; serta milik swasta seluas 66.189 Ha. tahun 2011. *Sumber:http://www.datacon.co.id/Sawit-2011Kelapa.html*.

Luas tanaman kelapa di Sulawesi Utara tercatat 270.141,65 Ha dan produksi272.480,91ton/tahun yang meliputi sebelas kabupaten dan empat kota seperti pada tabel 1.

Tabel 1.Luas lahan perkebunan danproduksi kelapatiap-tiap daerah di Sulawesi Utara tahun 2012

No	Daerah	Luas Ha	Produksi (Ton)
1	Bolaang Mongondow	26.801,53	32.868,81
2	Minahasa	18.875,24	19.340,05
3	Kepulauan Sangihe	20.067,55	19.655,40
4	Kepulauan Talaut	22.096,06	18.394,44
5	Minahasa Selatan	47.809,86	48.928,54
6	Minahasa Utara	47.858,98	43.523,96
7	Bolmong Utara	14.200,00	14.551,75
8	Kepulauan Sitaro	4.436,13	3.265.19
9	Minahasa Tenggara	33.628,89	38.243,62
10	Bolmong Selatan	11.570,00	12.080,60
11	Bolmong Timur	3.265,46	9.011,34
12	Manado	3.884,50	3.476,05
13	Bitung	14.610,50	7.937,89
14	Tomohon	155,00	210,47
15	Kotamobagu	981,95	992,80
Jumlah		**270.141,65**	**272.480,91**

Sumber :BPS (Sulawesi Utara)2017

Untuk mengoptimalkan sumber daya alam tersebut perlu diadakan pengelolahan minyak kelapa secara efektif,efisien dan ekonomis.

Petani kelapa di Sulawesi Utara selama ini sebagian besar mengolah buahkelapa menjadi kopra sedangkan harga kopra sangat berfluktuasi (tabel 2).

[1] Korespondensi penulis: Leonard Tawalujan, Telp. 08124403492, leonardtawalujan58@gmail.com

Pada saat kopra relative murah petani beralih mengolah kelapa menjadi minyak kelapa dengan cara fermentasi (santan diendapkan) tapi cara ini mulai ditinggalkan oleh petani karena kualitas minyak kurang baik (mudah tengik).

Tabel 2. Harga kopra 5 tahun terakhir Rp/kg

Harga Kopra Rp/kg					
Tahun / Bulan	2010	2011	2012	2013	2014
Januari	3200-3300	8300-10200	5900-6400	3400-3800	7200-7300
Februari	3300-3700	10200-10400	6300-6400	3800-3900	7300-7900
Maret	3900-4200	6500-7000	6400-6400	3600-3900	7900-8200
April	3900-4100	7200-9500	6000-6000	3600-3700	7000-7200
Mei	4100-4200	9200-9500	4200-6000	3600-3900	7200-7700
Juni	4100-4600	7200-9200	4200-4800	3800-4400	7700-8000
Juli	4500-4800	6600-7000	4300-4800	4000-4400	6300-7700
Agustus	4600-5200	5200-6700	4200-4400	4200-4600	5800-6500
September	5100-6100	5200-6000	4200-4500	4500-4900	5800-7000
Oktober	6000-6600	4600-5100	3900-4200	4500-4900	6500-7000
Nofember	6000-7000	5300-7100	3700-4100	6800-7000	6700-6800
Desember	7100-7800	6100-6500	3200-3600	6800-7200	6200-6700

Data lapangan thn 2017

Cara lain pengolahan minyak kelapa yang dilakukan oleh petani yaitu dengan pengepresan dengan menggunakan mesin pres. Sekarang ini sudah banyak mesin pres minyak kelapa ukuran kecil yang dijual bahkan ada mesin pres kelapa segar langsungmenghasilkan minyak kelapa.Penggunaan mesin pres ini kurang diminati oleh petani kelapa di Sulawesi Utara karena tidak praktis yaitu baik pengoprasian maupun perawatan, mesin dianggap sangat rumit.

Pada tahun 2002.pertama kali peneliti mencoba membuat mesin pres minyak kelapa yang relative kecil, dan praktis dimana pengoprasian dapat dilakukan dengan mudah oleh petani,sertaefisien karena minyak yang tersisa pada bungkil relative sedikit.

Pada tahun 2010 s/d tahun 2014 dikembangkan lagi hingga “Rancang Bangun Mesin Pres Minyak Murni Proses Kering”,yang menggunakankopra putih hasilpengeringan dengan menjemur, dan minyak yang dihasilkan tidak berwarna. Hasil pengembangan tersebut sudah mencapai efisiensi pres 66,6 % minyak kelapa murni darikandungan minyak dikopra 63-72%. (Ketaren, 1986).

Kopra dengan kadar air 4,58-7,43%, minyak 61,95-75,20% dan asam lemak bebas 0,11-0,29% (Lay *et al*, 1988). Kopra dengan mutu yang demikian, jika diolah menjadi minyak tidak membutuhkan proses*refining* (Thampan, 1981).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk membuat mesin pres minyak kelapa murni proses kering dilakukan penelitian pembuatan pada mekanisme dan poros ulir daya serta sudut kemiringan ulir.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk modifikasi rancang bangunakan dilakukan di laboratorium dan bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado, dan pengeringan kopra putih akan dilakukan di tateli. Waktu pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan petunjuk/penganggaran dari Penelitian penugasan.

Bahan dan Peralatan Penelitian

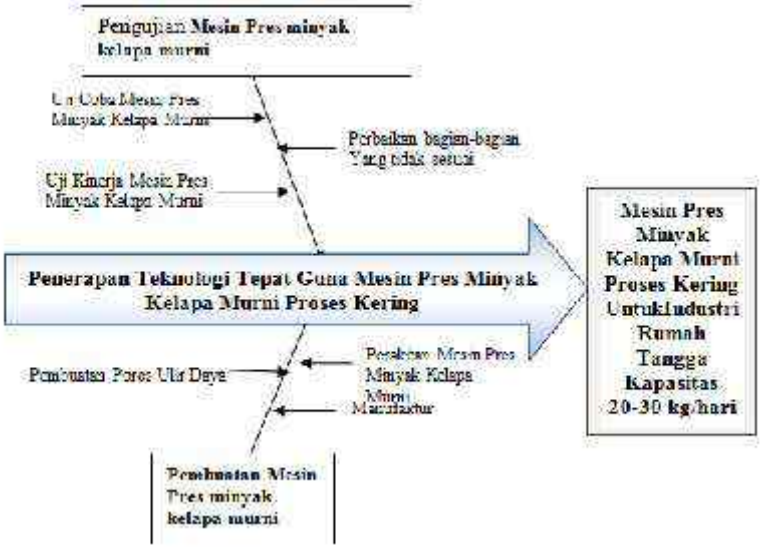
Bahan utama sebagai objek penelitian adalah mesin pres minyak kelapa murni proses keringyang dibuat dari stainless steel, sedangkan rangka mesin dari baja lunak,kawat las stanless steel,kawat las baja lunak. Bahan lain yang digunakan untuk penelitian adalah kelapa,bensin, oli mesin, elpiji, pakukling, baut mur,bantalan,motor penggerak,gear box(gigi reduksi),catdan minyak cat.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Meteran, mistar baja, penggores, siku, mistar sudut, timbangan digital, gurinda cutting, gurinda tangan, bor tangan, bor radial, mesin potong plat, mesin

tekuk plat, mesin bubut, mesin frais, mesin las, tachometer, stopwatch, palu,kunci ring set, kunci sok set, kikir halus, kompresor, sprayers, mata bor, jangka sorong,keling,wadah penampung minyak kelapa dan bungkil serta alat tes kadar air kopra putih, mesin pengering kopra putih, motor penggerak alat stater remot control.

Bagan Alir Penelitian

Adapun penelitian yang dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: modifikasi rancang bangun mesin pres minyak kelapa murni proses kering, pada tingkatan poros ulir daya kemudian dibuat prototipe mesin pres serta uji coba berdasarkan hasil modifikasi dengan metode desain eksperimen. Tahapan-tahapan pada penelitian ini digambarkan secara keseluruhan pada diagram*fishbone* (gambar6) beserta indikator capaian keberhasilan tahun kedua, dinyatakan dalam tabel 4.



Gambar 5, Bagan alir penelitian secara keseluruhan.

Tabel 3. Data hasil penelitian

No	Poros ulir pertama		Poros ulir kedua		celah (mm)	kopra (kg)	waktu (menit)	Minyak (kg)	Bungkil (kg)
	Sudut α	Radius rt	Sudut α	Radius rt					
1	15	rt=10	15	rt=6	1	1	9.3	0.642	0.354
2	10		10			1	9.5	0.646	0.359
3	5		5			1	9.5	0.648	0.36
4	15	rt=11	15	rt=6		1	9.4	0.641	0.352
5	10		10			1	9.5	0.644	0.356
6	5		5			1	9.6	0.646	0.358
7	15	rt=12	15	rt=6		1	9.2	0.64	0.35
8	10		10			1	9.4	0.643	0.354
9	5		5			1	9.5	0.645	0.356
10	15	rt=10	15	rt=6	1.5	1	10.2	0.655	0.342
11	10		10			1	10.4	0.658	0.344
12	5		5			1	10.6	0.66	0.346
13	15	rt=11	15	rt=6		1	10.1	0.653	0.339
14	10		10			1	10.4	0.657	0.342
15	5		5			1	10.5	0.659	0.344
16	15	rt=12	15	rt=6		1	10.1	0.651	0.336
17	10		10			1	10.3	0.653	0.34
18	5		5			1	10.4	0.655	0.342
19	15	rt=10	15	rt=6	2	1	11.2	0.665	0.328
20	10		10			1	11.4	0.667	0.332

21	5		5			1	11.5	0.668	0.334
22	15	rt=11	15	rt=6		1	11.3	0.663	0.325
23	10		10			1	11.5	0.665	0.328
24	5		5			1	11.6	0.667	0.33
25	15	rt=12	15	rt=6		1	11.4	0.661	0.323
26	10		10			1	11.5	0.664	0.326
27	5		5			1	11.6	0.666	0.328

3. HASIL DAN ANALISA

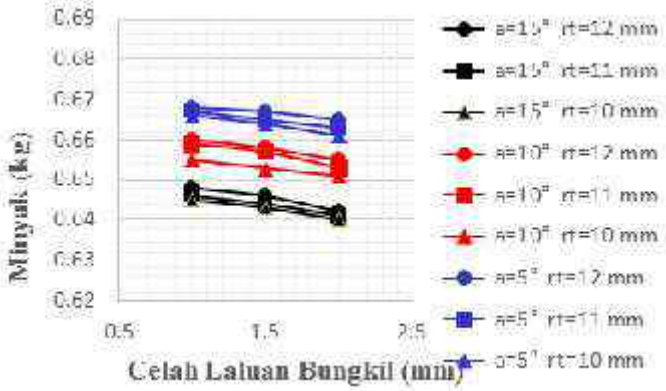
Setelah dipilih sudut kemiring ulir daya $\alpha_1 = 5^0$, $\alpha_2 = 10^0$, $\alpha_3 = 15^0$ dan masing-masing poros ulir daya dibuat dengan radius rt = 10 mm, rt = 11 mm dan rt = 12 mm kemudian dilakukan eksperimem dan hasilnya seperti pada gambar dibawah ini.

Pengaruh celah laluan bungkil terhadap waktu

Gambar 6. Grafik hubungan celah laluan bungkil dan waktu

Gambar 6. makin kecil celah laluan bungkil semakin besar waktu pemakaian dan semakin kecil sudut kemiringan α semakin besar waktu pemakaian. Hal ini disebabkan oleh pengereman bungkil karena celah menjadi sempit akibatnya bungkil membutuhkan waktu lebih lama untuk melewati celah tersebut.

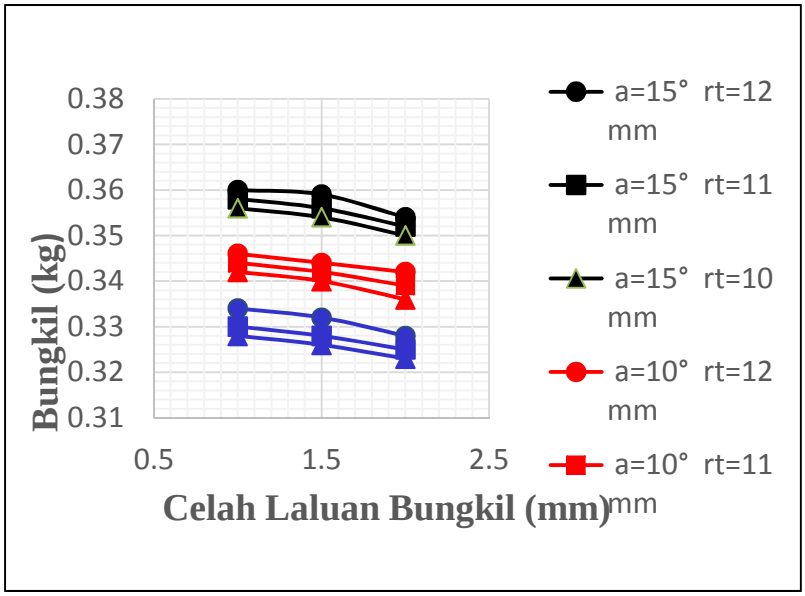
Pengaruh celah laluan bungkil terhadap minyak kelapa yang dihasilkan



Gambar 7. Grafik hubugan celah laluan bungkil dan minyak yang dihasilkan

Gambar 7. semakin kecil celah laluan bungkil minyak kelapa yang dihasilkan semakin banyak minyak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh karena semakin kecil celah terjadi pengepresan yang lebih padat sehingga minyak yang dihasilkan lebih banyak.

Pengaruh celah laluan bungkil dan bungkil yang dihasilkan



Gambar 8. Grafik hubungan antara celah laluan bungkil dan bungkil yang dihasilkan

Gambar 8 makin kecil celah laluan bungkil, bungkil yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini terjadi karena bungkil semakin padat dan kandungan minyak pada bungkil berkurang berbanding terbalik dengan minyak yang dihasilkan bila bungkil sedikit minyak akan lebih banyak.

4. KESIMPULAN

1) Semakin besar sudut α semakin besar daya P (HP)dan semakin kecil waktu pres yang dibutuhkan.
2) Semakin besar celah laluan bungkil ,hasil pres bungkil bertanbah dan minyak ber kurang dan sebaliknya semakin kecil celah laluan bungkil minyak bertambah dan bungkil berkurang
3) Semakin besar radius poros (r_c),hasil pres bungkil bertanbah dan minyak pada percobaan yang sama.

5. DAFTAR PUSTAKA

_.ICN Juli 2011*Perkebunan Kelapa: PotensiYang Belum Optimal* http://www.datacon.co.id/Sawit-2011Kelapa.html.Online10 April 2015

_.Teknologi Minyak Kelapa (*MAPI*-2006).https://kimiaindah.files.
wordpress.com…Online 5 januari 2015.

Budiwantoro dan Arief Teguh Hermawan, 2002.*Desain Geometri Screw Press dengan Metode Numerik Elemenhingga* (Bagus).JURNAL TEKNIK MESIN, Vol. 17 No. 2, hal.60-67.

Deli, S., Farah Masturah, M.,Tajul Aris, Y. and Wan Nadiah, W. A.
*The Effects of physical parameters of the screw press oil expeller on oil yield from Nigella sativa L seeds*International Food Research Journal 18(4): 1367-1373 (2011)

Dg.Paniki,*PENGANTAR TEKNIK OPTIMASI*,http://dgpaniki.blogspot. com/2012 /03/pengantar-optimasi-babi-pendahuluan-1.html, Online 5Januai 2015

Hermanto, A.Hendriadi, E.Rahmarestia, Mardisan,dan J.Wujono, *Uji Kinerja Mesin Pengepres Biji Jarak Tipe Ulir Menjadi Minyak Jarak Menta Sebagai Bahan Bakar Alternatif*,Jurnal Enjiniring Pertanian Vol.V,No 2,Oktober 2007—89 Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, Indonesia.

Hassan Eslami, 2015*Understanding Screw Design for Film Extrusion Process*.http://www.macroeng.com/understanding-screw-design-for-film-extrusion-process.php, Online 5 Januari 2015

Leonard Tawalujan,2004, *Rancang Bangun Mesin Pres Minyak Kelentik Terpadu*, Jurnal Teknika Edisi 4,No.1,hal 66-76 Politeknik Negeri Manado.

Leonard Tawalujan, 2011, *Optimasi Perancangan Ulir Daya Pada Mesin Pres Minyak Kopra Putih*,Jurnal Teknika Edisi 11, No.1, hal 33-43 Politeknik Negeri Manado.

Leonard Tawalujan,2012, *Analisa Pengaruh Radius Bagi,Sudut Kemiringan Ulir Pada Poros Ulir Daya Serta Celah Laluan Bungkil Dengan Banyaknya Pemakaian Bahan Bakar,Waktu Pres Dan Minyak Kopra Putih Hasil Pres*,Polimedia No 54/Thn.XIX/Januari 2012 hal 28-33Politeknik Negeri Manado.

Leonard Tawalujan, Paul Rumagit, Harry.O.Wensen, 2014, *Rancang Bangun Mesin Pres Minyak Kelapa Murni Proses kering* Prosiding Politeknik Negeri Manado.

M.F. Spotts, 1985, *Design of Machine Elements*, by Prentice-Hall, Inc,
Englewood Cliffs, N.J.07632.

Sularso, Kiyokatsu Suga,1978,Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta:Pratnya Paramita, 1991.

Sudarya, IK, S. Triyono, dan A. Haryanto. 2002,Uji*kinerja Screw Press Machine Produksi Minyak dari Kopra (di Indonesia).* Skripsi tidak diterbit-
kan. Rekayasa Pertanian Departemen, Universitas Lampung.

Septian Enggar Pratama Putra, Adi Sucipto,2012, *Rancang Bangun Mesin Pemeras Kelapa Tua Sebagai Bahan Baku VCO Skala Rumah Tangga*,Program D-III Fakultas Teknologi Industri ITS Surabaya.

Timothy W. womer. 2015. https://www.google.com/search?q=basic +screw+ geometry&ie=utf-8&oe=utf-8**,** Online 5januari2015.

Tim Womer dan Wayne Harris, Januari 2015, *Screw and Barrel Inspection Proscedure*.http://www.rbplasticsmachinery.com/blog/extruder-screws/screw-and-barrel-inspection-procedure/

V. Dobrovolsky, K. Zablonsky, S.Mak, L. Erlikh, *Machine Elements A Texbook*, Foreign Languages Publishing House Moscow

ANALISIS KEGAGALAN VALVE INTAKE DAN EXHAUST UNIT MITSHUBISHI 13C79

Yosrihard Basongan[1)], Laode Musa[2)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRAK

This study aims to determine the parameters causing the failure of the Intake and Exhaust valve on the Mitsubishi 13C79 Diesel Engine. The testing method used in this study is visual test and hardness test. Visual test results show physical changes in the intake and exhaust valve after use in the form of corrosion, abrasives, guttering and piles of foreign material found in the intake and exhaust valves. The results of the hardness test showed that the changes in the hardness that occurred in the steam, villet, and head section experienced a significant decrease in hardness, the face and keeper bars were still normal. Visual observations of physical changes are in harmony with changes in violence. Hardness changes in the head valve due to incomplete combustion. In steam due to damage to the lubricant, and in the filet due to the use of coolant do not use condiotioner, antifrezz, and improper use of oil or contaminants in the oil and cooling system.

Keywords: *Rockwell Cone, Intake and Exhaust Valve, Hardness.*

1. PENDAHULUAN

Exhaust Valve dan *Intake Valve* adalah komponen yang sangat penting dari mesin diesel untuk mengendalikan aliran gas masuk dan keluar dari silinder mesin. Udara mengalir ke dalam silinder saat *intake valve* terbuka. Proses pembakaran berlangsung di silinder setelah valve *intake* tertutup. Valve buang terbuka saat proses pembakaran berakhir dan gas yang terbakar mengalir keluar dari silinder.

Selama penutupan valve, kombinasi benturan dan geser bisa menyebabkan keausan pada dudukan valve. Dampak pada penutupan valve menyebabkan deformasi plastik dan membentuk lobang melingkar pada permukaan valve. Valve buang menerima thermal *overstress* lebih banyak daripada valve intake karena udara masuk mendinginkan valve intake. Valve pembuangan memiliki permukaan yang dipengaruhi oleh pembakaran dengan suhu tinggi.

Dalam operasi tegangan termal dan mekanik dikenakan pada masuk dan buang karena suhu dan tegangan tinggi di dalam silinder. Tegangan termal dan mekanik ini merupakan sumber utama kerusakan pada daerah bibir valve. Pergerakan pembukaan dan penutupan juga memberikan gesekan geser pada area bibir valve dan valve dudukan yang mengarah ke valve dan bantalan dudukan valve. Perubahan struktur mikro logam sangat dipengaruhi oleh perbahan suhu, utamanya kenaikan temperatur logam.

Pada penelitian ini akan dianalisa kondisi visual pasca pemakaian yang mempengaruhi sifat mekanis yaitu perubahan struktur mikro dan kekerasan. Kegagalan valve mesin pembakaran dalam umumnya diakibatkan *internal combution* yang tidak terkontrol dan desain *exhaust* dan *intake valve* dapat berpengaruh pada struktur mikro material valve, jika terjadi perubahan struktur mikro menyebabkan sifat mekanis juga akan berubah, misalnya material bisa menjadi keras, dan bahkan menjadi lunak. Akibat perubahan ini material memungkinkan menjadi getas, kaku jika material mengeras, dan mudah terdeformasi jika matarial lunak.

Valve mesin pembakaran *internal* adalah salah satu bagian yang paling penting. Ini adalah penyebab utama sebagian besar masalah seperti preignition, valve yang terbakar dll. Desain valve bergantung pada banyak parameter seperti perilaku material pada suhu tinggi, dinamika fluida gas buang, karakteristik oksidasi bahan valve dan gas buang, kekuatan kelelahan bahan valve, konfigurasi kepala silinder, aliran pendingin dan bentuk *exhaust port*.

Exhaus valve dan intake valve adalah komponen yang sangat penting pada diesel engine yang berfungsi mengontrol aliran gas masuk dan keluar dari silinder engine. Proses pembakaran berlangsung di dalam silinder setelah valve intake tutup. Tegangan berlebihan (overstress) pada valve saat bekerja dan gerak putar valve dapat menyebabkan keausan dudukan valve merupakan kombinasi penyebab kegagalan valve. Bilaman terjadi penumpukan deposit pada permukaan dan dudukan valve akan memberi efek isolasi yang memperlambat pendinginan sehingga temperatur valve akan meningkat. Deposit yang terbentuk pada valve exhaus berasal dari reaksi bahan bakar yang terkontaminasi dan minyak pelumas. Belerang, vanadium, dan natrium yang terkandung dalam bahan bakar teroksidasi selama proses pembakaran yang membentuk sulfur

[1] Korespondensi penulis: Yosrihard Basongan, Telp. 082196297646, yosrihardb@gmail.com

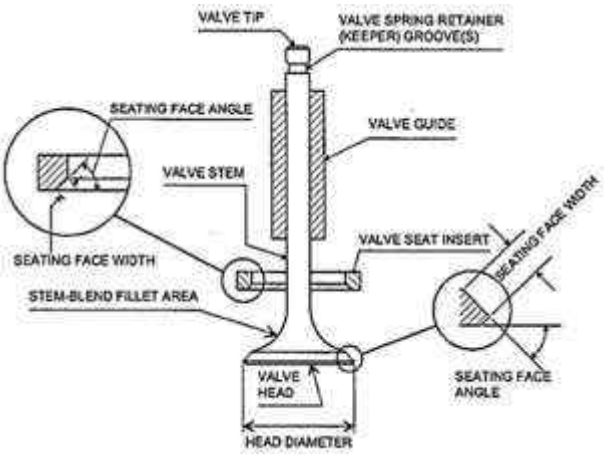
dioksida, sulfur trioksida, natrium oksida dan vanadium pentoksida.

Tekanan dari batang valve diteruskan ke dudukan valve kisaran 500-550 bar agar celah valve dan dudukan valve tepat, serta kecepatan valve berkisar 0,15-0,2 m/s 0.15 untuk mengurangi tekanan termal pada batang valve dan, keausan pada dudukan valve [1].

Mekanisme kelelahan valve berupa kelelahan termal, kelelahan tegangan yang berfluktuasi, lentur, korosi, dan torsi. Umumnya kelelahan yang terjadi pada valve yaitu kelelahan termal, kelelahan korosi.

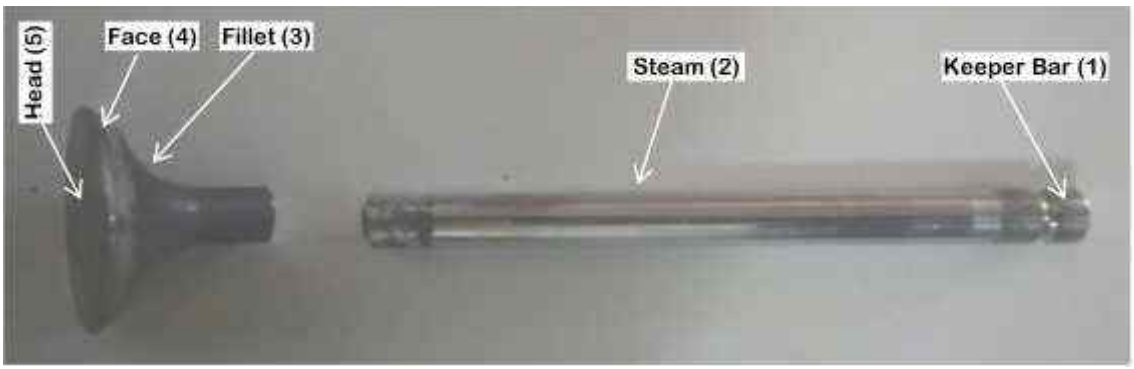
Kelelahan mekanikal kegagalan valve terjadi karena tidak memenuhi spesifikasi produsen mesin untuk mesin tertentu. Kelelahan logam bisa terjadi akibat suhu yang berlebihan. Kegagalan kelelahan mekanis juga diakibatkan karena penanganan valve yang tidak benar yaitu nicks di daerah fillet, nicks in radius selama regrind.

Kegagalan karena exhaust valve beroperasi pada suhu sangat tinggi biasanya di atas 600^0 C dengan beban yang berfluktuasi. Kegagalan permukaan kerucut / area bibir valve terutama disebabkan oleh deformasi elastis dan plastis. Batang valve pembuangan umumnya gagal karena temperatur, temperatu gas buang melalui exhaus valve ± 600 ºC, mekanisme valve bagian valve yang dapat mengalami kegagalan diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme valve

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter penyebab kegagalan *intake* dan *exhaust valve* pada *diesel engine* Mitsubishi 13C79 sebagai penggerak utama unit Forklift. Parameter uji yang dilakukan yaitu uji dengan visual utuk melihat perubhana fisis yang taerjadi pada valve dan uji mekanis dengan uji kekerasan menggunakan uji metode Hard Brinnel Cone (HRC). Adapun bagian pada valve yang diuji seperti diperlihatkan pada gambar 2.

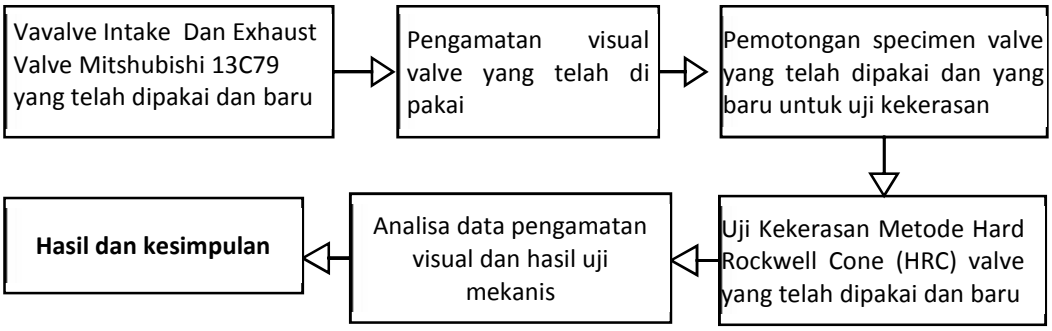


Gambar 2. Bagian valve yang diamati.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini yaitu pengamatan visual untuk melihat perubahan fisik valve dan metode uji mekanis dengan uji kekerasan untuk mengethui perubahan mekanis yang terjadi pada valve. Alir penelitian dilaksanakan mengikuti diagram alir, yang diperlihatkan pada gambar 3 berikut ini.

2.1 Digram tahapan penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

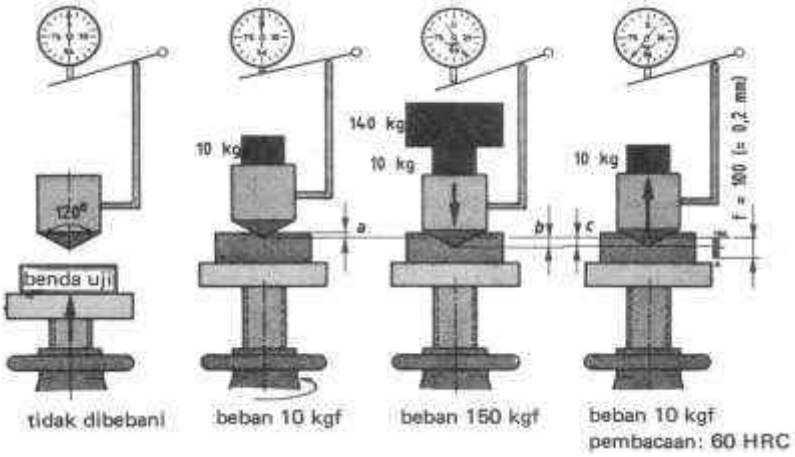
Tahapan penelitian dilakukan saat dilakukan overhaul Diesel Engine Mitshubisi 13C79 di Bengkel Otomotif dan Laboratorium Teknik Mesin pada unit fork lift milik Politeknik Negeri Ujung Pandang, hibah dari PT. Trakindo Utama. Pengamatan difokuskan pada Intake dan Exshuas valve yaitu pengamatan visual dan uji kekerasan sebagai pembanding digunakan valave yang masih baru. Adapun bagian yang di amati meliputi titi-titik yang memungkinkan mengalami perubahan yaitu pada bagian Head, Face, fillet, steam dan keeper dari valve, ditunjukkan pada gambar 2. Pengamatan secara visual untuk melihat adanya perubahan fisis dan uji kekerasan untuk mengetahui perubahan mekanis valve. Penenlitian mengasilkan gambar-gambar perubahan fisis, dan data uji kekerasan dan grafik kekerasan pada setial titik-tik pengamatan pada valve pada masing-masing silder.

2.1 Pengamatan visual

Pengamatan secara visual untuk mengamati terjadinya perbahan fisis, diantara perubahan bentuk(distorsi), endapan kerak, guttering, dan korosi, pada bagaian-bagaian: face, head valve, steam, fillet, dan keeper pada valve. Hasil pengamatan didokumentasikan dalam bentuk gambar sebagai bahan analisa visual.

2.2. Uji Kekerasan

Perubahan sifat mekanis diuji dengan uji kekerasan metode uji kekerasan Rockwell Cone (HRC), prinsip uji kekerasan dengan metode HRC yaitu mengukur kedalaman penetrasi indentor yang berbentuk kerucut dengan sudut 120^0 . Kekerasan Rockwell diukur dengan memeberi gaya pada indentor sebesar 150 kgf, yang ditekan pada permukaan specimen, besarnya kekerasan adalah ketahan material uji terhadap pentrasi indentor, yang dikonversi dengan kedalam indentor, sperti ditunjukkan gambar 4.

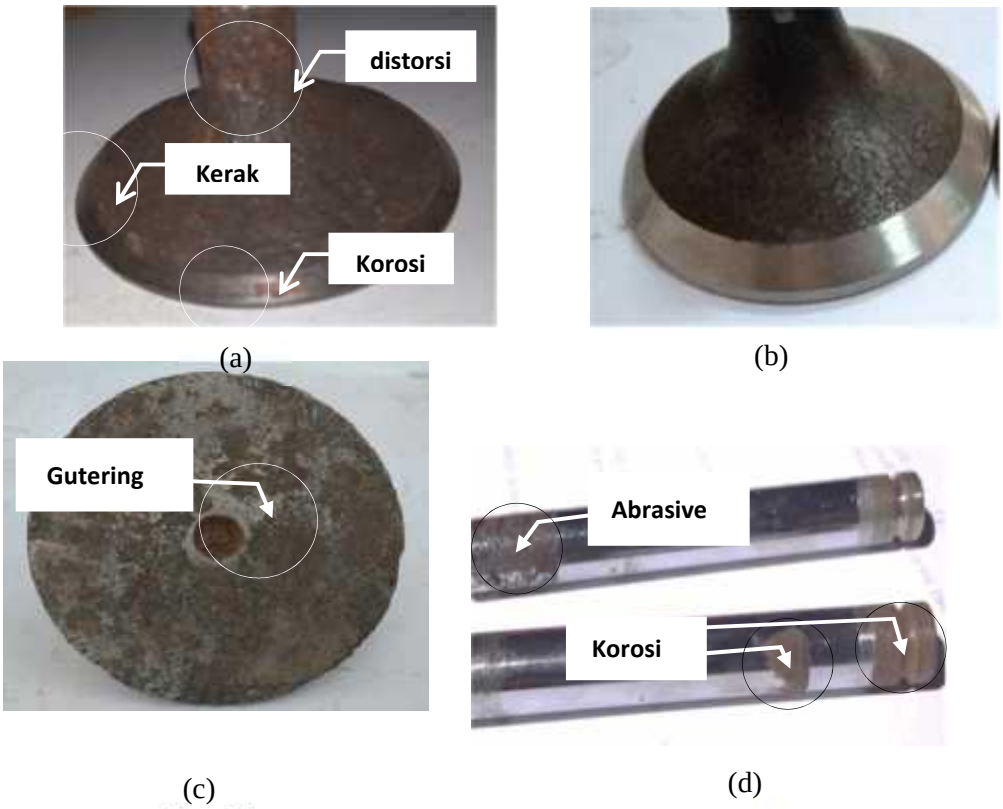


Gambar 4. Prinsip uji kekerasan dengan metode Rockwell Cone (HRC)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeiksaan Visual

Hasil pengamatan secara visual memperlihatkan terjadinya distorsi pada fillet, dan endapan kerak serta korosi, pada face terdapat sedikit korosi, korosi dan guttering pada head valve, pada keeper terjadi korosi. Secara keseluruhan perubahan fisis didominasi oleh korosi.



Gambar 5. a) Distrosi, endapan kerak korosi pada fillet dan face; b) Valve baru; c) guttering dan korosi pada heat; dan d) abrasi, korosi pada steam dan korosi pada keeper.

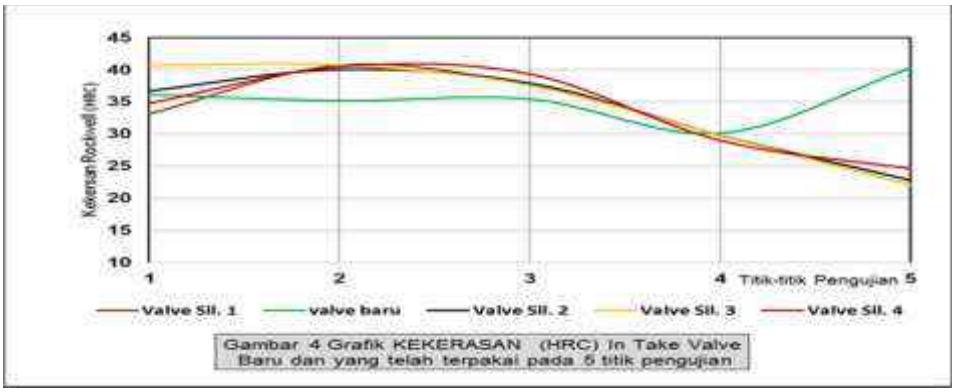
3.2 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan pada valve intake dan exshaus di semua silinder yaitu silinder 1, 2,3, dan 4, uji kekerasan masing-masing dilakukan pada titik keeper, steam fillet, face dan heat valve, data hasil uji kekerasan yang telah dirata-ratakan tabel 1, dan dibuat gambar grafik 6.

A. Intake valve

Tabel 1. Kekerasan Rockwell Cone (HRC) Intake Valve

No. Sinder	Bagian yang diuji				
	1	2	3	4	5
Valve Baru (N)	36.11	35.16	35.41	30.11	40.31
1	33.18	40.71	37.61	29.78	22.13
2	36.68	39.98	37.86	29.78	22.83
3	40.68	40.71	37.61	29.78	22.13
4	34.83	40.48	39.33	29.01	24.63

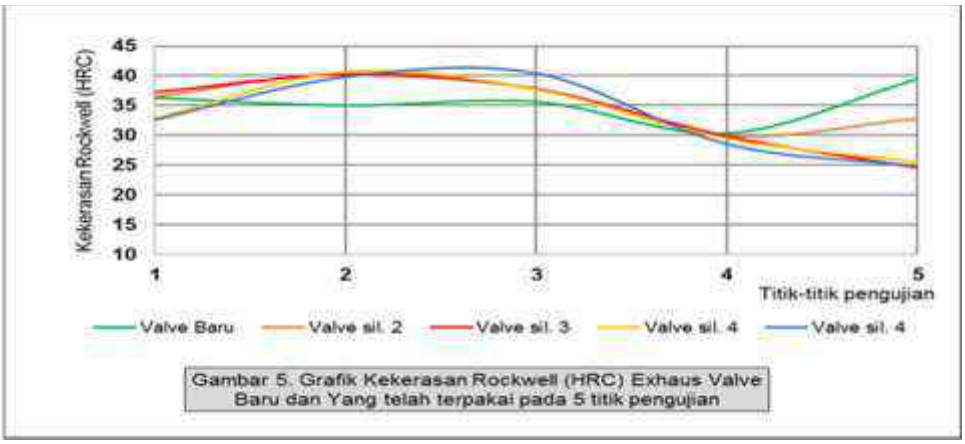


Gambar 6 Grafik Kekerasan pada titik-tik pengamatan silinder 1,2,3,dan 4 Intake Valve

B. Exshaus valve

Tabel 2. Kekerasan Rockwell Cone (HRC) Exshaus Valve

No. Sinder	Bagian yang diuji				
	1	2	3	4	5
Valve Baru (N)	36.33	35.06	35.66	30.36	39.51
1	36.53	40.46	37.86	30.03	32.83
2	37.18	40.11	37.71	29.78	24.48
3	32.86	40.66	37.66	29.48	25.53
4	32.66	39.86	40.46	28.56	24.86



Gambar 6. Grafik Kekerasan pada titik-titik pengamatan silinder 1,2,3,dan 4 Exshaus Valve

Hasil uji kekerasan memperlihatkan bahwa perubahan sifai mekanis terjadi bagian dari valve pada bagian steam, fillet, dan head, perubahan cukup sgnifikan pada bagian face dari valve. Pada bagian keeper juga terjadi perubahan sifat mekanis namun tidak signifikan, hanya terjadi pada valve silinder no 3 dan silinder no 4. Pada bagian face dari valve tidak mengalami perubahan yang berarti. Bila mana dibandingkan dengan perubahan fisis yang terjadi selaras dengan perubahan sifat mekanis. Kedua valve baik intake dan exshaus valve mgalami perubahan yang hampir sama.

4. KESIMPULAN.

1) Potensi penyebab kegagalan valve terjadi pada heat valve, baik intake valave maupun exhays valve, fillet dan steam.
2) Kegagalan valve diakibatkan oleh deposit/ contaminan berupa endapan karbon sisa hasil pembakan, korosi, dan gutering pada head vale.
3) Kemungkinan besar penyebabnya adalah, pembakaran tidak sempurna, kontaminasi pada minyak lumas, dan water cooling system yang tidak menggunakan condioner, antifrezz.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Nurten Vardar, Ahmet Ekerim, “Investigation of Exhaust Valve Failure in Heavy Duty Diesel Engine”. Guzi University Journal of Science GUJ Sci. 23 (4): 493-499.2010.
[2] Erjavec Jack, ”Automotive Technology Asystem approrach. Delmar Cangange Learning. United States, 2010.
[3] Applied Failure Analysis Fundamental Knowledge. Training Center Dept. PT. Takindo Utama. Cileungsi. Bogor, 2013.
[4] Fundamental Of Engine System. Training Center Dept. PT.Trakindo Utama. Cileungsi. Bogor. 2013.
[5] Intermediate Engine System. Training Center Dept. PT. Trakindo Utama. Cileungsi. Bogor. 2013
[6] Engine Rebuld System. Training Center Dept. PT. Trakindo Utama. Cileungsi. Bogor. 2013.
[7] Engine Troubleshooting Method. Training Center Dept. PT. Trakindo Utama. Cileungsi. Bogor. 2014.
[8] T Becker William and J. Shipley Roch. Failure Analysis and Prevention. ASM Committee. Volume 10. 2002.

DEVELOPMENT OF DESIGN OF BOTTLE AND GLASS PLASTIC FORMER MACHINE FOR DRINKING WATER

Anwar Mazmur[1)] Yosrihard Basongan [2)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Of the various types of plastic waste that can be recycled, plastic cups and bottles used for mineral water drinks are excellent, because of their high economic value and relatively stable prices. The results of the ponds, usually stored first until collected a lot, then the results of the ponds are sold to the shelter. In general, in South Sulawesi the process of storing and packaging used bottles and plastic drinks is still carried out in the conventional way, namely used bottles and plastic drinks put into plastic sacks by pressing using the help of feet and hands, then packaged by sewing at the end over the sack. Weight capacity (the weight of the mass of plastic bottles and used beverage bottles usually reach 10-20 kg of weight per plastic bag. This method certainly has shortcomings, especially in the packaging / packaging process and the loading capacity and transport capacity per unit of small volume. Specific purpose of research activities this is to design and build used plastic machines / tools to make storage, packaging, transfer / transport, and increase storage and loading capacity and reduce transportation costs. The specific target to be achieved in this research activity is to produce bottled packaging products. and used plastic cups with an increase in mass or weight per unit volume of 100 - 200 kg large plastic bags.The stage of the research begins with designing tools, making tools and testing tools.

Keywords: *Tools, chopper, plastic, bottles, cups, used, garbage.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akibat dari semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat serta aktivitas lainnya maka bertambah pula buangan/limbah yang dihasilkan. Limbah/buangan yang ditimbulkan dari aktivitas dan konsumsi masyarakat sering disebut limbah domestik atau sampah. Limbah tersebut menjadi permasalahan lingkungan karena kuantitas maupun tingkat bahayanya mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya. Selain itu aktifitas industri yang kian meningkat tidak terlepas dari isu lingkungan. Industri selain menghasilkan produk juga menghasilkan limbah. Dan bila limbah industri ini dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga, yang lebih dikenal sebagai sampah), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.

Gambar 1. Tumpukan Botol dan Gelas Plastik Bekas Minuman dari Mitra

[1] Korespondensi penulis: Anwar Mazmur, Telp. 081342282612, mazmur.anwar@yahoo.com

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan plastik terus meningkat. Data BPS tahun 1999 menunjukkan bahwa volume perdagangan plastik impor Indonesia, terutama polipropilena (PP) pada tahun 1995 sebesar 136.122,7 ton sedangkan pada tahun 1999 sebesar 182.523,6 ton, sehingga dalam kurun waktu tersebut terjadi peningkatan sebesar 34,15%. Jumlah tersebut diperkirakan akan terus meningkat pada tahun-tahun selanjutnya. Sebagai konsekuensinya, peningkatan limbah plastikpun tidak terelakkan. Menurut komposisi sampah atau limbah plastik yang dibuang oleh setiap rumah tangga adalah 9,3% dari total sampah rumah tangga.

Di Makssar rata-rata setiap pabrik menghasilkan satu ton limbah plastik setiap minggunya. Jumlah tersebut akan terus bertambah, disebabkan sifat-sifat yang dimiliki plastik, antara lain tidak dapat membusuk, tidak terurai secara alami, tidak dapat menyerap air, maupun tidak dapat berkarat, dan pada akhirnya menjadi masalah bagi lingkungan. Plastik juga merupakan bahan anorganik buatan yang tersusun dari bahan-bahan kimia yang cukup berahaya bagi lingkungan. Limbah dari pada plastik ini sangatlah sulit untuk diuraikan secara alami. Untuk menguraikan sampah plastik itu sendiri membutuhkan kurang lebih 80 tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna.

Pemanfaatan limbah plastik dengan cara daur ulang umumnya dilakukan oleh industri. Secara umum terdapat empat persyaratan agar suatu limbah plastik dapat diproses oleh suatu industri, antara lain limbah harus dalam bentuk tertentu sesuai kebutuhan (biji, pellet, serbuk, pecahan), limbah harus homogen, tidak terkontaminasi, serta diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebelum digunakan limbah plastik diproses melalui tahapan sederhana, yaitu pemisahan, pemotongan, pencucian, dan penghilangan zat-zat seperti besi dan sebagainya. Terdapat hal yang menguntungkan dalam pemanfaatan limbah plastik di Indonesia dibandingkan negara maju. Hal ini dimungkinkan karena pemisahan secara manual yang dianggap tidak mungkin dilakukan di negara maju, dapat dilakukan di Indonesia yang mempunyai tenaga kerja melimpah sehingga pemisahan tidak perlu dilakukan dengan peralatan canggih yang memerlukan biaya tinggi. Kondisi ini memungkinkan berkembangnya industri daur ulang plastik di Indonesia.

Dari berbagai jenis sampah plastik yang dapat didaur ulang, maka gelas dan botol plastik bekas minuman air mineral menjadi primadona, karena bernilai ekonomis tinggi dan harganya relatif stabil.
Hasil pulungan,biasanya disimpan lebih dulu hingga terkumpul banyak. Barulah kemudian hasil pulungan dijual ke tempat penampungan. Jika sedang beruntung, dalam dua minggu setiap pemulung rata-rata bisa mengumpulkan gelas dan botol plastik, berkisar antara 25 hingga 50 kg. Dengan harga per kilogramnya masing-masing 2000 rupiah untuk gelas, dan 2500 rupiah untuk botol dalam kondisi baik. Tidak sembarang pemulung bisa menjual hasil pulungannya,sesuka hati. Biasanya tiap-tiap pemulung, mempunyai tempat langganan untuk menjual hasil pulungannya. Pemilik penampungan hasil pulungan pun, tidak secara sembarangan membeli. Umumnya mereka telah saling mengenal. Dalam periode 5 tahun terakhir, gelas dan botol plastik bekas tempat minuman air mineral, memang harganya relatif stabil. Itulah sebabnya Mumang Dg. Gaffar, pemilik tempat penampungan gelas dan botol plastik bekas, tetap bertahan pada bisnis tersebut, karena pasar dan barangnya setiap hari selalu ada.

Berdasarkan observasi yang telah kami lakukan di lokasi pengumpul botol dan gelas plastik bekas yang ada di jl. Politeknik, yang berperan sebagai penadah dari para pemulung atau pengumpul plastik bekas. Penadah atau pengumpul hanya sebagai perantara sebelum ke tempat daur ulang, dimana mereka mengirim plastik bekas yang mereka kumpulkan dengan cara menyusun dan memasukkan ke dalam karung plastik.

Metode penyimpanan dan pengemasan botol dan gelas minuman plastik bekas selama ini dilakukan pengumpul atau pengusaha barang bekas masih menggunakan cara konvensional, yaitu botol dan gelas plastik bekas minuman dimasukkan kedalam karung plastik dengan cara menekan dengan menggunakan bantuan kaki dan tangan, kemudian dikemas dengan menjahit pada bagian ujung atas karung. Kapasitas berat (bobot massa btol dan gelas plastik bekas minuman yang dikemas biasanya mencapai bobot 15 – 20 kg perkarung plastik besar. Penanganan pengemasan botol dan gelas plastik bekas dengan metode konvensional ini tentunya merepotkan pemulung atau pengumpul botol dan gelas plastik bekas, baik dalam proses penyimpanan, pengemasan dan pemindahan khususnya dalam hal pengangkutan (transportasi).

Salah satu solusi metode mengemasan botol dan gelas plastik bekas minuman yang lebih baik yakni dengan menggunakan alat/mesin pencacah guna memudahkan proses pengemasan/pengepakan dan memperbesar kapasitas angkut. Dengan penggunaan mesin pencacah botol dan gelas plastik bekas minuman ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan dan kapasitas muat angkut (meningkatkan jumlah kemasan dan bobot botol dan gelas plastik bekas minuman yang dapat dimuat setiap truk

pengangkut/kontainer), memudahkan proses pengepakan/pengemasan dan memudahkan proses pengangkatan/pemindahan yang pada akhirnya dapat menekan biaya transportasi.

2 TUJUAN DAN MAMFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan penelitian ini adalah:

1) Untuk meningkatkan kapasitas produk kemasan botol dan gelas plastik bekas minuman dengan peningkatan bobot massa atau berat per-satuan volume dari 15 -20 kg menjadi 150 – 200 kg perkarung plastik besar
2) Untuk menghindarkan pekerja dari kecelakaan kerja
3) Untuk meringankan beban kerja pekerja

2.2 Manfaat Penelitian

1) Dengan adanya mesin pencacah plastik ini, nantinya diharapkan dapat mempermudah proses pengolahan sampah plastik.
2) Meningkatkan pendapatan pengusaha pengolahan sampah plastik.
3) Hasil dari pembuatan mesin "pencacah plastik" ini diharapkan dapat membantu para pengusaha pengolahan sampah plastik untuk mempermudah dalam pengemsan dan pengangkutan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Las jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pelaksanaan mulai bulan April sampai bulan November 2019

3.2 Sumber – sumber data

Sumber – sumber data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh berdasarkan hasil wawancara langsung di lapangan dan penyebaran informasi berupa pertanyaan terstruktur kepada responden. Data sekunder diperoleh dari data pustaka maupun berbagai data yang berkaitan dengan limbah plastik, penggalian data di dinas-dinas terkait diantanya dinas pertanian, dinas, dinas perindustrian dan perdagangan.

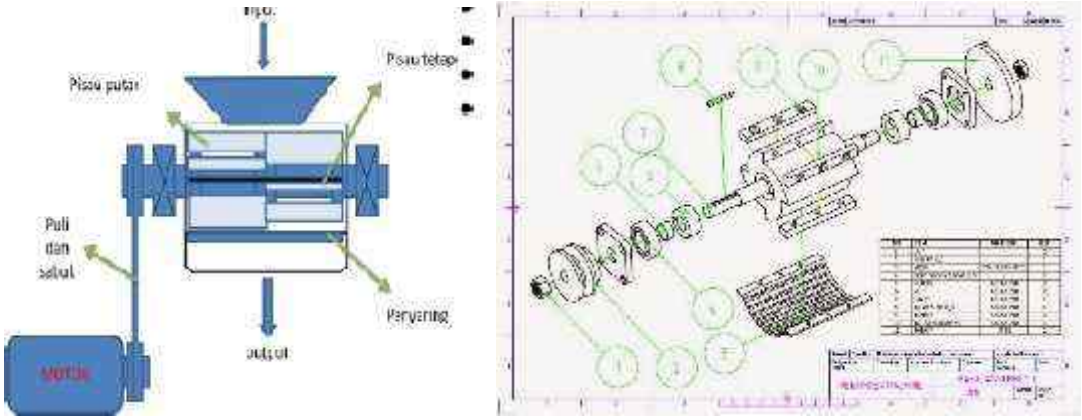
3.3 Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan pertanyaan terstruktur. Wawancara yang dilakukan berupa pertanyaan mendalam (deep interview) dengan tujuan untuk menggali data-data tersembunyi yang mungkin enggan untuk diungkapkan responden

3.4 Perancangan

Tahap-tahap perancangan adalah sebagai berikut.

a. Membuat desain (gambar sketsa) dari komponen-komponen yang akan dibuat. Pembuatan desain dilakukan dengan cara menggambar di komputer menggunakan *software Autocad* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Desain gambar

b. Menghitung komponen-komponen alat
c. Merancang kekuatan komponen utama mesin pencacah limbah botol dan gelas plastik
d. Merancang dimensi konstruksi.
e. Merancang mekanisme proses pencacahan untuk memperoleh hasil akhir.
Perakitan dan penyetelan setiap komponen konstruksi.

3.5. Tahap Pembuatan

Setelah proses perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan komponen alat. Dalam pembuatan komponen-komponen mesin pemasak dan pengaduk sari buah markisa ini perlu memperhatikan urutan-urutan atau prosedur yang akan dibuat:

- Pembuatan Rangka : Mengukur dan memotong besi hollow sesuai yang diperlukan.
- Pembuatan Bodi : Mengukur dan memotong pelat stainless sesuai gambar kerja atau yang diperlukan
- Pembuatan Poros pisau pemotong: Mengukur dan memotong besi stainless sesuai gambar kerja atau yang diperlukan
- Pembuatan corong masuk dan saluran keluar: Mengukur dan memotong pelat stainless sesuai gambar kerja atau yang diperlukan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun mesin pencacah plastik

Desain konstruksi mesin pencacah plastik ditentukan atas berbagai pertimbangan sebagai berikut :

1) Mesin mesin pencacah plastik tidak menggunakan tenaga penggerak manusia sebagai penggerak utamanya melainkan diganti dengan tenaga motor listrik.
2) Spesifikasi mesin yang ergonomis dengan dimensi yang nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja mesin. Mesin pencacah berdimensi panjang 650 mm x lebar 340 mm x tinggi 950 mm.
3) Mudah dalam pengoperasian, perawatan maupun pergantian suku cadang mesin.
4) Mesin pencacah plastik ini terbuat dar bahan yang hygienis.
5) Mesin pencacah plastik ini tidak menimbulkan pencemaran udara.
6) Pada saat beroperasi, mesin ini tidak menimbulkan suara yang bising.

Gambar 3. Alat Pencacah Botol dan Gelas Plastik

4.3 Hasil Pengujian

Proses pengujian mesin ini dilakukan setelah proses pembuatan selesai. Pengujian mesin dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keberhasilan dari mesin tersebut, apakah dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Berikut ini adalah beberapa data yang diperoleh dari hasil pengujian:

Data uji sistem kerja alat dengan putaran 550 rpm

Tabel 4.1 Pengujian Bahan Plastik Gelas dan botol

NO.	Percobaan	Kapasitas	Waktu Pencacahan	Waktu Rata-Rata
1	I	1 kg	95 detik	95.3 detik
2	II	1 kg	93 detik	
3	III	1 kg	98 detik	

Tabel di atas menunjukkan waktu yang dibutuhkan mesin ini untuk mencacah plastik dalam jumlah tertentu. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh:

Waktu rata-rata 95.3 detik mesin melakukan pencacah plastik seberat 1 kg dengan bahan Aqua gelas dan botol. Proses pencacahan pada bahan plastik gelas sebanyak 1 kg membutuhkan waktu yaitu 95.3. Berarti kapasitas produksi dalam 1 menit adalah :

1 kg/95.3 s= 0.01 kg/s = 0.63 kg/menit

Jadi kapasitas produksi dalam 1 jam adalah

0.63 x 60 = 37.8 kg/jam

Dari data kapasitas produksi dalam sehari (8 jam kerja)

8 jam x 37.8 kg/jam = 302.2 kg/hari

Gambar.4. Pengujian Alat Pencacah Plastik

5.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian mesin pencacah gelas dan botol minuman bekas plastik dapat disimpulkan sebagai berikut.

1) Dengan menggunakan mesin/alat pencacah gelas dan botol plastik bekas minuman dapat mempermudah proses penyimpanan, pengepakan, pemindahan/pengangkutan, dan memperbesar kapasitas penyimpanan dan muat angkut serta menekan biaya transportasi.
2) Dapat menghasilkan produk kemasan botol dan gelas plastik bekas minuman dengan peningkatan bobot massa atau berat per-satuan volume dari 15 -20 kg menjadi 150 – 200 kg perkarung plastik besar

6. DAFTAR PUSTAKA

Achmad, Zainum,M.SC. 2006. *Elemen Mesin I.* Bandung: Refika Aditama.

Daryanto. 1994. *Kamus Bahasa Indonesia*. Bandung. Balai Pustaka

Djunaedi, Achmad. 26 Oktober 2008. *Resep Aneka Abon*, (Online), (http://www.mesin-abon-kursus-abon.blogspot.com, diakses 11 November 2008).

Hidayat, M. dkk. 12 Juni 2008. "Rancang Bangun Mesin Pencacah Jerami Padi untuk Penyiapan Bahan Pakan Ternak Ruminansia". *Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan,* (Online), (http://www.Puslitbangnak.com diakses 20 Oktober 2011).

Jansen, A.dkk.1991.*Kekuatan Bahan Terapan.* Jakarta:Erlangga

Nasrullah, Baso. Dkk. 1999. "Rancang Bangun Mesin Penghancur Sampah Organik".Politeknik Negeri Ujung Pandang

Palupi, W.D.E. *Tinjauan literatur pengolahan daging*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah-LIPI, 1986. 54 hal.

PEDC. 1984. *Ilmu Kekuatan Bahan Jilid 3*. Bandung

Singer, Ferdinand. L. 1995. *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh - Strength of Materials)*. Dialihbahasa-kan oleh Andrew Pytel. Jakarta: Erlangga.

Sularso, dan Kiyokatsu Suga. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Suryanto. 1995. *Elemen Mesin*. Bandung : Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.

Wikimedia Project,26 Oktober 2011. *Plastik dan Daur Ulang,* (Online). (http://Id.Wikipedia.org/wiki/Plastik) di Akses 27 Oktober 2011.

ANALISIS MODEL NYALA API PEMBAKARAN RESIN DAMAR SERTA KEMAMPUAN MEMPERTAHANKAN NYALA

Jamal Jamal[1)], Marhatang Marhatang[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Damar resin is a combustible material so it is worth investigating its potential as an alternative fuel. The research aims to provide additional information about the viability of damar resin as an alternative fuel. The feasibility was carried out by observing the model and the ability to maintain resin flames. Experimental research was carried out by observing the flame model using a Canon G15 camera, the results of the video recording are then converted into an image (photo), then measured the height and width and area of the flame, The measurement results are graphed to observe the model and the ability to maintain the combustion flame. The results obtained in the form of a damar resin flame model are shown with the height, width and area of fluctuating flames, but has a tendency to continue to increase gradually until it reaches a peak after which it will drop drastically until it goes out. In the combustion process, the damar resin is able to maintain the flame and only goes out when the material runs out, this is one indicator that damar resin is suitable as an alternative fuel.

Keywords*: resin, damar, flame*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia dan dunia Setiap tahunnya meningkat, tetapi sebaliknya di Indonesia terjadi penurunan produksi BBM setiap tahunnya [1]. Terbatasnya cadangan BBM dan polusi udara, sehingga dibutuhkan upaya bersama menggunakan bahan bakar alternatif [2]. Penelitian yang umum dilakukan adalah mengurangi emisi gas buang tetapi tetap mempertahankan efisiensi mesin [3-7]. Juga banyak dilakukan penelitian menggunakan bahan bakan dari tumbuh-tumbuhan [9-11].

Tumbuhan yang juga layak dijadikan bahan bakar alternatif adalah resin damar [12-13]. Resin damar mengandung senyawa hidrokarbon [12, 14]. Resin damar adalah hasil penyadapan pohon damar. Penelitian ini menggunakan resin damar mata kucing (Dipterocarpaceae) sebagai bahan utama, karena resin damar jenis ini diproduksi di Indonesia [15]. Pohon damar terdapat di Indonesia [16-17]. Pohon tersebut berkontribusi 30% dari luas total hutan di Indonesia [18].

Resin damar selain memiliki potensi kuantitas sebagai bahan bakar alternatif, juga perlu diketahui faktor potensi kualitas resin damar sebagai bahan bakar alternatif. Dari segi kadungan diperoleh bahwa resin damar memiliki senyawa hidrokarbon dan senyawa ikatan karbon lainnya sehingga resin damar layak untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan [12, 14].

Penelitian menggunakan metode FTIR dan GCMS yang diawali dengan proses pemurnian dengan penyaringan panas (105°C) [14], hasil uji FTIR menunjukkan terdapat ikatan hidrokarbon sehingga resin damar memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, sedangkan hasil uji GCMS menguatkan bahwa terdapat senyawa hidrokabon dalam resin damar, sehingga resin damar layak untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif terbarukan.

Berdasarkan hasil pengujian GCMS [12] diperoleh kandungan senyawa dalam resin damar yang setara gasoline adalah sebesar 10,43 %, senyawa yang setara kerosene sebesar 21,13 %, senyawa yang setara light gas oil sebesar 33,31 %, dan senyawa yang setara heavy gas oil sebesar 11,11 %, sedangkan senyawa yang memiliki karbon lebih besar dari 25 adalah sebesar 24,02 %.

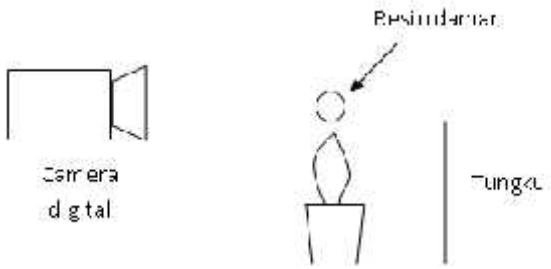
Penelitian-penelitian di atas telah menunjukkan kemampuan dan potensi resin damar sebagai bahan bakar alternatif terbarukan, sifat-sifat tersebut masih perlu untuk dilengkapi agar potensi resin damar sebagai bahan bakar alternatif terbarukan semakin lengkap. Salah satu informasi tambahan untuk menguatkan kelayakan resin damar sebagai bahan bakar alternatif terbarukan adalah dengan melakukan uji pembakaran, kemudian dilakukan pengamatan terhadap besar nyala api dan kemampuan mempertahankan nyala jika hal tersebut terpenuhi maka merupakan indikator yang menunjukkan bahwa resin damar semakin layak sebagai bahan bakar. Hal inilah yang dilakukan dalam penelitian ini.

[1]Korespondensi penulis: Jamal, Telp 081343670304, jamal_mesin@poliupg.ac.id

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui salah satu indikator kelayakan resin damar sebagai bahan bakar alternatif. Indikator yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah model nyala api pembakaran dan kemampuan mempertahankan nyala api saat resin damar dibakar. Dengan mengetahui model dan kemampuan mempertahankan nyala api pembakaran maka dapat memberikan informasi tambahan mengenai kelayakan dan potensi resin damar sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian yang dilakukan dimulai dengan tahap persiapan alat, dengan peralatan tungku pembakaran dan kamera digital yaitu Canon G15 yang memiliki kemampuan merekam film dengan kecepatan 240 f/s. Gambar 1 menunjukkan skema pengujian yang dilakukan.



Gambar 1. Skema pengujian pembakaran resin damar

Setelah dilakukan persiapan peralatan, langkah selanjutnya adalah persiapan sampel. Penelitian ini menggunakan sampel resin damar padat yang bersih dengan massa 0,10 g. Untuk ketelitian dilakukan pengambilan data pengujian sebanyak 5 kali.

Setelah peralatan dan sampel telah siap maka dilakukan pengambilan data pengujian dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- Nyalakan tungku pembakaran selama 5 menit.
- Hidupkan kamera digital, dengan perekaman 240 f/s.
- Letakkan resin damar di atas tungku pembakaran dengan cara menjatuhkan.
- Amati resin damar hingga terjadi proses penyalaan.
- Setelah nyala resin damar padam, matikan kamera digital.
- Ulangi pengujian sebanyak 5 kali.

Hasil pembacaan kamera digital adalah berupa video dengan format mov, untuk pengolahan data video tersebut kemudian diubah menjadi image menggunakan program free video to jpg converter v.5.0.43 build 605. Kemudian analisa model dan nyala api pembakaran dan kemampuan mempertahankan nyala api saat resin damar dibakar. Analisa model nyala api dilakukan dengan mengukur tinggi dan lebar nyala serta luas nyala api pembakaran pada setiap perubahan image (waktu). Hasil analisa akan dibuat dalam bentuk grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

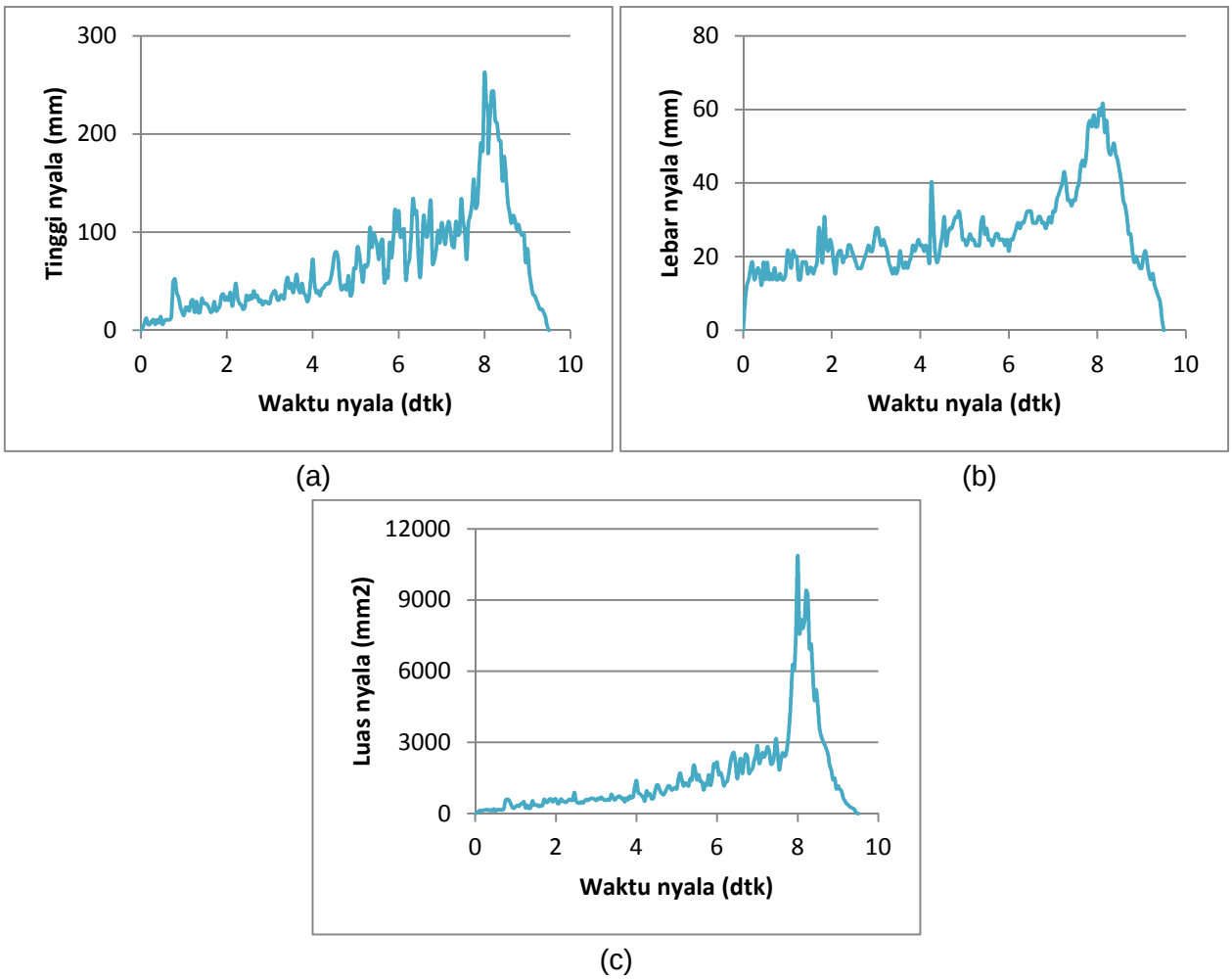
Gambar 2. Proses nyala api selama pembakaran resin damar

Model nyala api pembakaran dapat dilihat pada gambar 2, dimana terjadi pembesaran nyala api secara bertahap hingga mencapai puncaknya, setelah itu secara cepat nyala api menjadi padam yang disebabkan

karena material resin damar telah habis. Hasil pemerikasaan pembakaran resin juga membuktikan bahwa resin damar terbakar secara keseluruhan hingga material habis.

Setelah seluruh rekaman film yang berlangsung sekitar 10 detik diubah menjadi frame dimana diketahui laju perekaman adalah 240 f/s maka diperoleh jumlah frame sekitar 2400 frame foto kemudian diukur satu persatu untuk melihat perubahan tinggi, lebar dan luas nyala api setiap saat. Maka diperoleh model nyala api dengan mengamati perubahan tinggi nyala api yang dapat dilihat pada gambar 3(a), juga diperoleh model nyala api dengan mengamati perubahan lebar nyala api yang dapat dilihat pada gambar 3(b), juga diperoleh model nyala api dengan mengamati perubahan luas nyala api yang dapat dilihat pada gambar 3(c).

Pada gambar 3, terlihat bahwa model nyala api baik tinggi, lebar maupun luasnya mengalami fluktusi, tetapi kecenderungannya secara bertahap semakin lama mengalami pembesaran tinggi, lebar dan luas nyala api, hingga pada akhirnya mencapai puncaknya setelah itu secara cepat nyala api menjadi padam. Dengan melihat waktu yang ditempuh hingga mencapai puncak nyala jauh lebih lama dari waktu yang dibutuhkan untuk padam hal ini menunjukkan bahwa resin damar sangat mudah menyala dan padamnya nyala api pembakaran resin damar bukan disebabkan ketidakmampuannya untuk menyala tetapi melainkan disebabkan karena material resin damar telah habis terbakar.



Gambar 3. Tinggi (a), lebar (b) dan luas (c) nyala api pembakaran resin damar

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1) Model nyala api pembakaran resin damar diperoleh bahwa tinggi, lebar dan luas nyala api yang fluktuatif, tetapi memiliki kecenderungan untuk terus meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya setelah itu akan turus secara drastis hingga padam.
2) Pada proses pembakaran, resin damar mampu mempertahankan nyala api dan baru padam ketika material habis, hal ini menjadi salah satu indikator bahwa resin damar layak sebagai bahan bakar alternatif.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] BP Statistical Review. 2014. BP Statistical Review of World Energy (2013 in Review), http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf

[2] Anand K.; R.P. Sharma dan P.S. Mehta. 2010. A comprehensive approach for estimating thermo-physical properties of biodiesel fuels, Applied Thermal Engineering 31, 235-242.

[3] Dubreuil A.; F. Foucher; C. Mounaim-Rousselle; G. Dayma; dan P. Dagaut. 2007. Proc. Combust. Inst. 31, 2879–2886.

[4] Piperel A.; P. Dagaut dan X. Montagne. 2009. Proc. Combust. Inst. 32, 2861–2868.

[5] Anderlohr, A.; Piperel, A; Pires da Cruz; R. Bounaceur;, F. Battin-Leclerc; P. Dagaut; dan X. Montagne, Proc. Combust. Inst. 32, 2851–2859.

[6] Marco M., F. Tiziano; R. Eliseo; M. David dan C. Nicholas. 2009. Proc. Combust. Inst. 32, 2843–2850.

[7] Xing cai Lu; Li bin Ji; Jun jun Ma; Xiao xin Zhou dan Zhen Huang. 2011. Combustion characteristics and influential factors of isooctane active-thermal atmosphere combustion assisted by two-stage reaction of n-heptane, Combustion and Flame 158, 203–216.

[8] Giannelos P. N.; S. Sxizas; E. Lois; F. Zannikos dan G. Anastopoulos. 2002. Tobacco seed oil as an alternative diesel fuel: physical and chemical properties, Industrial Crops and Products 16, 1–9.

[9] Giannelos P.N.; S. Sxizas; E. Lois; F. Zannikos dan G. Anastopoulos. 2005. Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines, Industrial Crops and Products 22, 193–199.

[10] Demirbas A. 2008. Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels, Fuel 87, 1743–1748.

[11] Moser B. R.; Aaron Williams; Michael J. Haas dan Robert L. McCormick. 2009. Exhaust emissions and fuel properties of partially hydrogenated soybean oil methyl esters blended with ultra low sulfur diesel fuel; Fuel Processing Technology 90, 1122–1128.

[12] Jamal, I.N.G. Wardana, Nurkholis Hamidi dan Denny Widyanuriawan. 2015. Identification of Chemical Compound of Dammar Resin using Various Solvents with Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Method, Applied Mechanics and Materials Vol. 695, 211-215.

[13] Jamal, I.N.G. Wardana, Nurkholis Hamidi dan Denny Widyanuriawan. 2016. Thermal Analysis of Dammar Resin with Differential Scanning Calorimetry Method, Applied Mechanics and Materials Vol. 818, 228-230.

[14] Mulyono N., C. Hanny Wijaya, D. Fardiaz dan W. Sri Rahayu. 2012. Identifikasi Komponen Kimia Damar Mata Kucing, Natur Indonesia 14(2) 155-159.

[15] Duryat. 2006. Dimensi Tegakan dan Pengaruh Peubah Tempat Tumbuh Terhadap Produksi Damar Mata Kucing (Shorea Javanica K. et. V.) di Krui Lampung Barat. Tesis. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

[16] Vincent G., Hubert de Foresta dan R. Mulia, 2009. Co-occurring tree species show contrasting sensitivity to ENSO-related droughts in planted dipterocarp forests, Forest Ecology and Management 258, 1316–1322.

[17] Yassir I., J. van der Kamp dan P. Buurman, 2010. Secondary succession after fire in Imperata grasslands of East Kalimantan, Indonesia, Agriculture, Ecosystems and Environment 137, 172–182.

[18] Dutta S., S. M. Tripathi, M. Mallick, R. P. Mathews, P. F. Greenwood, M. R. Rao dan R. E. Summons, 2011. Eocene out-of-India dispersal of Asian dipterocarps, Review of Palaeobotany and Palynology 166, 63–68

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendanai kegiatan Penelitian ini melalui hibah penelitian rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang tahun anggaran 2019.

UJI EKSPERIMENTAL KINERJA R22 DAN R410A PADA *AIR CONDITIONER*

Akbar Naro Parawangsa[1)], Amrullah[2)]

[1)] *Dosen Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Bosowa, Makassar*
[2)] *Dosen Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Air Conditioner (AC) is a device used in the process of cooling the air so that it can reach temperatures and humidity in accordance with the requirements of certain room conditions. Air conditioning is made to provide comfort in the room. The occurrence of cooling loads can be influenced by various factors including weather, building conditions, building volume, number of occupants, outside air conditions, indoor air conditions so we need the right AC and refrigerant to cool the room. This study aims to show a comparison of the performance of refrigeration machines using R22 and R410a refrigerants so that observations can be made on the effects of refrigeration, compressor performance and COP. The research method is experimental by taking data for R22 and R-410a pressure and temperature measured at the compressor inlet and outlet for 900 seconds. Determination of the enthalpy value at each point using Computer Aided Thermodynamic Tables (CATT) 3 version 1.0. The results of testing on an Air Conditioner using R22 and R-410a are displayed in the form of tables and graphs of evaporator performance, compressor performance, condenser performance and COP. The effect of refrigeration and compressor performance on AC using R410a has a higher value so that COP in terms of performance tends to be better than R22. The results of the study can be used as a learning medium to find out the working principle of AC, how to measure pressure and temperature in the AC work process and how to calculate COP.

Keywords: *Air Conditioner, refrigerant, COP.*

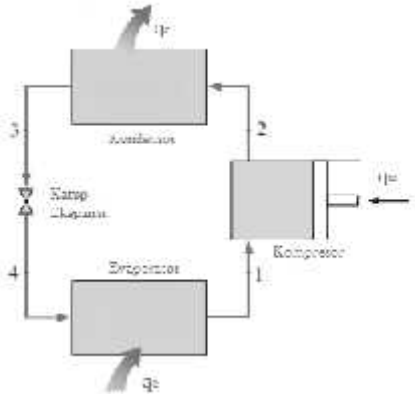
1. PENDAHULUAN

Pada negara-negara tropis, mesin pendingin berperan sangat penting terkhusus di wilayah perkotaan dengan kegiatan perekonomian yang berjalan sangat cepat. Hal tesebut berbeda dengan negara-negara subtropis dan bersuhu dingin yang lebih membutuhkan pemanas ruangan. Pada sebagian besar wilayah Indonesia yang rata-rata bertemperatur lingkungan di atas 30 °C, akan terasa kurang nyaman bagi seseorang untuk menjalankan aktivitas sehari-hari jika temperatur udara sekitarnya jauh di atas temperatur kenyamanan yaitu sekitar 25 °C. Dalam usaha memperoleh temperatur ruang yang nyaman dibutuhkan alat yang bisa mengkondisikan udara yang dikenal dengan *Air Conditioner(AC).*

Air Conditioner (AC) adalah suatu alat yang digunakan dalam proses pengkondisian udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan persyaratan kondisi ruangan tertentu. Pengkondisian udara dibuat untuk memberi kenyamanan di dalam ruangan. Terjadinya beban pendinginan bisa dipengaruhi dari berbagai faktor diantaranya cuaca, kondisi bangunan, volume bangunan, jumlah penghuni, kondisi udara luar, kondisi udara dalam ruangan sehingga dibutuhakan AC dan refrigeran yang tepat untuk mendinginkan ruangan. Salah satu bagian terpenting dalam merencanakan sistem refrigerasi adalah menentukan refrigeran yaitu fluida kerja yang menyerap panas dari ruangan dan membuangnya ke lingkungan melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi. Pemilihan refrigeran yang baik misalnya *chlorofluorocarbons* (CFCs), *ammonia*, *hydrocarbons* (*propane*, *ethane*, *ethylene*), karbondiosida, udara bahkan air (pada penggunaan diatas titik beku) dan berdasarkan kondisinya, misalnya R11, R12, R22, R134a dan R502 yang dijual banyak di pasaran **[1]**. Jenis fluida kerja yang banyak digunakan sejak tahun 2000-an adalah R22 namun pemerintah Indonesia melalui Departemen Perindustrian dan Perdagangan menetapkan mulai tahun 2015 diberlakukan implementasi HPMP (*HCFC Phase-Out Management Plan*) yang artinya penghapusan R22 untuk industri serta merevisi syarat dan ketentuan impor Bahan Perusak Ozone (BPO) dan melarang impor produk yang memakai R22. Pihak dialer dan toko masih bisa menjual produk mereka sampai stock habis dan melayani purna jual sampai dengan tahun 2030, saat dimana R22 akan dihapus dari Indonesia. Sebagai alternatif refrigeran yang ramah lingkungan digunakanlah refrigeran R410a karena tidak mengandung zat yang berpotensi merusak lapisan ozon **[2].**

[1] Korespondensi penulis: Akbar Naro Parawangsa, Telp. 085242114419, akbar.naro@bosowa.co.id

Penentuan sifat-sifat termodinamika dari suatu siklus refrigerasi, juga merupakan hal penting dalam menganalisis sistem termal. Sifat termodinamika merupakan karakteristik dari bahan yang dapat dianalisa secara kuantitatif, misalnya temperatur, tekanan dan rapat massa. Nilai kerja dan perpindahan kalor yang terjadi dalam suatu siklus dapat diketahui dari perubahan sifat-sifatnya, tetapi keduanya bukan merupakan sifat itu sendiri. Kerja dan perpindahan kalor adalah hal yang dilakukan terhadap suatu sistem sehingga terjadi perubahan pada sifat-sifatnya. Kerja dan kalor hanya dapat diukur hanya pada pembatas sistem dan jumlah energi yang dipindahkan tergantung pada cara terjadinya perubahan **[3]**. Sebagai usaha untuk memahami kinerja mesin pendingin melalui analisis sifat-sifat termodinamika dan uji eksperimental perlu dilakukan pengujian kinerja antara refrigeran R22 dengan refrigeran R410a.



Gambar 1. Skema siklus refrigerasi pada *Air Conditioner*

Kinerja Evaporator

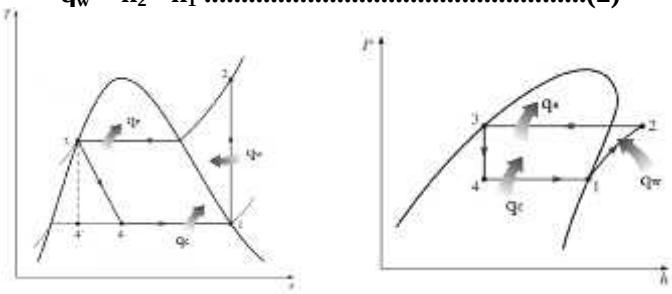
Pada gambar 1 ditunjukkan siklus refrigerasi dengan empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Evaporator merupakan sebuah ruangan tempat bahan pendingin menguap. Bahan pendingin gas ditampung di akumulator, lalu mengalir ke kompresor. Evaporator memberikan panas pada bahan pendingin sebagai kalor laten penguapan, sehingga bahan pendingin menguap. Bahan pendingin gas membawa kalor tersebut ke kompresor dan membuangnya melalui kondensor. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar yaitu menukar panas dan memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. **[4]**. Untuk menentukan kinerja dari evaporator (q_e) dapat diketahui dari selisih antara entalpi yang keluar dari evaporator (h_1) dengan entalpi yang masuk pada evaporator (h_4).

$$\mathbf{q_e = h_1 - h_4 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)}$$

Kinerja Kompresor

Kompresor berfungsi untuk menghasilkan perbedaan tekanan sehingga refrigeran dapat mengalir dari suatu bagian ke bagian lain dalam unit mesin pendingin. Untuk mengetahui kenerja dari kompresor (q_w) dengan menentukan selisih antara nilai entalpi yang keluar kompresor (h_2) dengan nilai entalpi yang masuk kompresor (h_1).

$$\mathbf{q_w = h_2 - h_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)}$$



Gambar 2, Diagram T-s dan P-h siklus refrigerasi

Pada gambar 2, dapat dilihat hubungan antara temperatur dan entropi (T-s) dan hubungan antara tekanan dan entalpi (P-h). Proses-proses yang terjadi adalah 1-2: isentropik pada kompresor, 2-3: pelepasan kalor dengan tekanan konstan pada kondensor, 3-4: *throttling* pada katup ekspansi dan penyerapan kalor dengan tekanan konstan pada evaporator **[1]**.

Kinerja Kondensor

Diperlukan usaha melepaskan kalor laten dari uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, yang keluar dari kompresor dengan cara mendinginkan uap refrigeran melalui kondensor. Kinerja kondensor (q_c) merupakan jumlah kalor yang dilepaskan oleh uap refrigeran ke udara pendingin di dalam kondensor. Nilai tersebut dapatditentukan dari selisih entalpi uap refrigeran pada seksi masuk kondensor (h_2) dan pada seksi keluar kondensor (h_3).

$$\mathbf{q_c = h_2 - h_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)}$$

Alat Ekspansi

Salah satu elemen dasar dalam siklus refrigerasi setelah kompresor, kondensor dan evaporator adalah alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Alat-alat ekspansi yang umum digunakan antara lain pipa kapiler, katup ekspansi berpengendali-lanjut panas (*superheat-controlled expantion valve*), katup apung (*floating valve*), dan katup expansi tekanan konstan (*constant pressure exxpantion valve*).

Coefficient of Performance (COP)

Koefisien kinerja atau COP berhubungan dengan kapasitas pendinginan dan daya yang diperlukan pada suatu siklus refrigerasi. Nilai COP yang tinggi menunjukkan konsumsi energi rendah untuk penyerapan daya pendinginan ruang yang sama untuk didinginkan **[5]**. Nilai COP dapat diketahui dari perbandingan antara refrigerasi bermanfaat (q_e) terhadap kerja bersih (q_w).

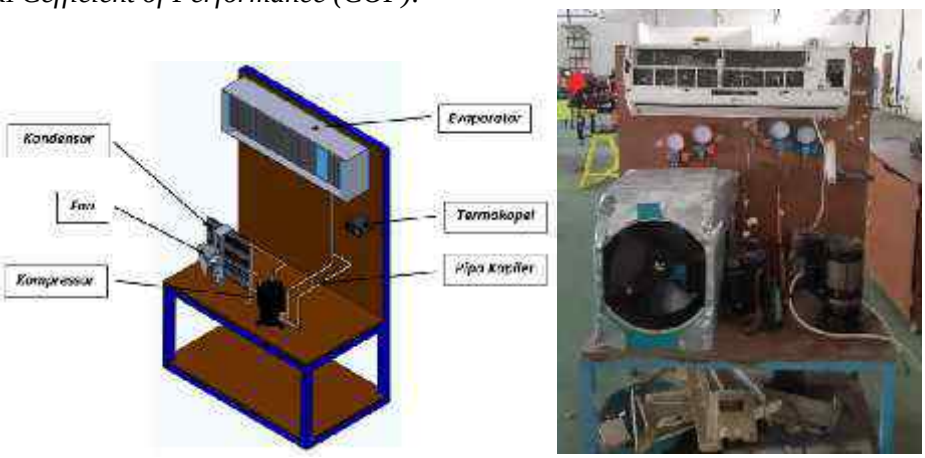
$$\mathbf{COP = \frac{q_e}{q_W} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)}$$

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan perbandingan kinerja mesin refrigerasi dengan menggunakan refrigeran R22 dan R410a sehingga dapat ditentukan efek refrigerasi, kerja bersih dan COP. Dari hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dan media pembelajaran mesin pendingin bagi dunia pendidikan dan industri.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Politeknik Bosowa pada bulan September 2018 sampai dengan Desember 2018. Alat dan Bahan yang digunakan diantaranya mesin AC (model T09NL, kapasitas 8200/8500 Btu/h), termokopel, termometer, *pressure gauge*, *temperature display*, refrigeran R22 dan R410a.

Metode penelitian yaitu secara eksperimental dengan melakukan pengambilan data untuk tekanan dan temperatur R22 dan R410a yang diukur pada saluran masuk dan keluar kompresor selama 900 detik. Penentuan nilai entalpi pada setiap titik dengan menggunakan *Computer Aided Thermodynamic Tables (CATT)* 3 *version* 1.0. Program ini digunakan untuk mendapatkan nilai besaran dan sifat termodinamika **[6]**. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menentukan kinerja refrigerant pada komponen mesin AC dan menentukan nilai *Cefficient of Performance (COP)*.



Gambar 3. Instalasi alat uji *Air Conditioner*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

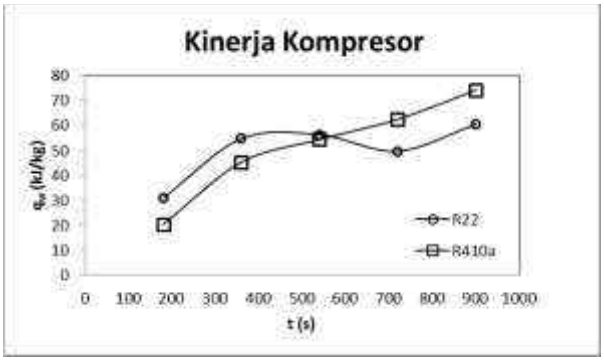
Pengujian pada mesin pendingin AC seperti yang terlihat pada gambar 3, dilakukan dengan mengukur temperatur serta tekanan R22 dan R410a . Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Kinerja evaporator, kompresor, kondensor dan COP menggunakan R22

t (s)	q_e (kJ/kg)	q_w (kJ/kg)	q_c (kJ/kg)	COP
180	117.8	30.9	148.7	3.8
360	126.6	54.7	181.3	2.3
540	131.8	56.3	188.1	2.3
720	132.8	49.7	182.5	2.7
900	129.1	60.5	189.6	2.1

Tabel 2. Kinerja evaporator, kompresor, kondensor dan COP menggunakan R410a

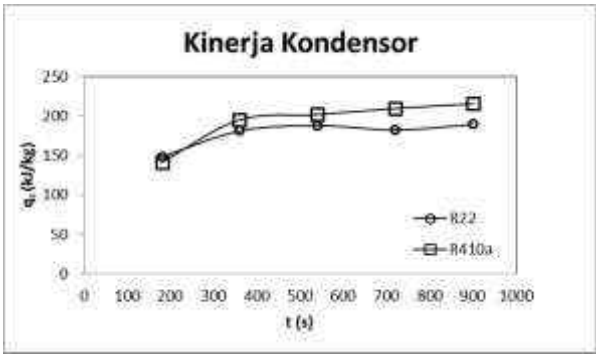
t (s)	q_e (kJ/kg)	q_w (kJ/kg)	q_c (kJ/kg)	COP
180	121.4	20.4	141.8	6
360	150.2	45.3	195.5	3.3
540	147.6	54.4	202	2.7
720	147.4	62.5	209.9	2.4
900	141.4	74.2	215.6	1.9



Gambar 4. Kinerja kompresor selama 900 detik

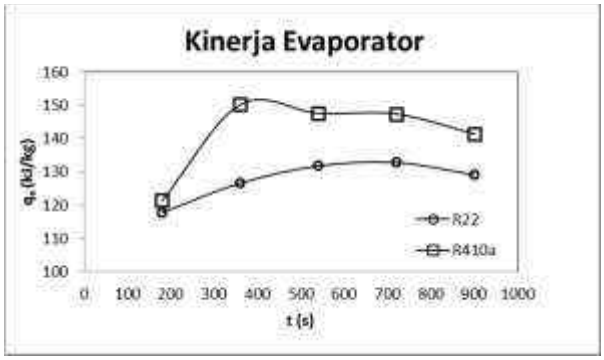
Kinerja kompresor pada AC dapat diketahui dari selisih entalpi dengan temperatur dan tekanan sebagai parameter dan diukur pada kondisi masuk dan keluar kompresor. Bila suatu gas dikompresi berarti terdapat energi mekanik dari luar yang diberikan kepada gas. Energi tersebut diubah menjadi energi panas sehingga temperatur gas akan naik jika tekanan semakin tinggi [**7].**

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, R22 menunjukkan nilai q_w yang lebih tinggi pada awalnya dibandingkan dengan nilai q_w pada R410a. Setelah dilakukan pengujian selama 900 detik dapat diketahui kinerja kompresor untuk R410a lebih tinggi dibanding R22. Hal ini menunjukkan penggunaan R410a dapat menghasilkan kompresi lebih baik dibanding penggunaan R22.



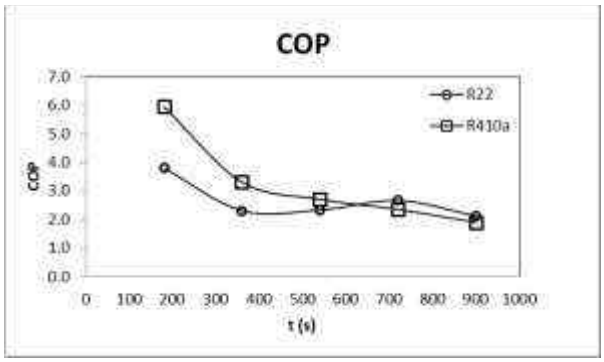
Gambar 5. Kinerja evaporator selama 900 detik

Efek pendinginan yang dihasilkan suatu AC dapat diketahui dari kinerja evaporator. Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa kinerja evaporator pada AC yang menggunakan R410a memiliki nilai lebih tinggi dibanding kinerja evaporator pada AC dengan menggunakan R22. Hal ini menunjukkan kalor yang diserap R410a lebih tinggi dibanding kalor yang diserap R22.



Gambar 6. Kinerja kondensor selama 900 detik

Kinerja kondensor dapat ditentukan dari selisih entalpi keluar dan masuk kondensor. Kinerja kondensor menunjukkan besarnya kalor yang dilepas oleh refrigeran ke udara. Nilai kinerja kondensor pada AC menggunakan R410a lebih tinggi dibanding menggunakan R22 seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Hal ini relevan dengan nilai kinerja evaporator untuk R410a yang juga lebih tinggi dibanding R22. Secara ideal membuktikan bahwa nilai kalor yang diserap sama dengan nilai kalor yang dilepas. Mesin AC yang menggunakan fluida kerja R410a memiliki nilai pelepasan panas yang tinggi pada laju aliran massa refrigeran yang sama dibandingkan dengan R22, meskipun ada beberapa data pengujian yang berbeda **[8].**



Gambar 7. COP selama 900 detik

Nilai COP suatu *Air Conditioner* dapat diketahui dari perbandingan antara efek refrigerasi (q_e) dan kerja bersih (q_w). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 7, setelah melakukan pengujian selama 900 detik dapat diketahui COP untuk R410a cenderung lebih tinggi dibanding COP R22. Hal ini menunjukkan bahwa R410a dapat menghasilkan kinerja dan COP yang lebih baik dibanding R22.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian selama 900 detik dapat diketahui efek refrigerasi (q_e) dan kerja bersih (q_w) dari mesin pendingin AC menggunakan R22 dan R410a. Pada AC dengan R22, nilai q_e sebesar 129.1 kJ/kg dan q_w sebesar 60.5 kJ/kg. Pada AC dengan R410a nilai q_e sebesar 141.4 kJ/kg dan nilai q_w sebesar 74.2 kJ/kg. Efek refrigerasi dan kerja bersih pada AC menggunakan R410a memiliki nilai lebih tinggi sehingga menghasilkan kinerja dan COP yang lebih baik dibandingkan R22. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dan media pembelajaran untuk mengetahui prinsip kerja AC, cara mengukur tekanan dan temperatur pada proses kerja AC serta cara perhitungan COP.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Yunus A, Cengel and Michael A Boles. *Thermodynamics: An Engineering Approach 5th edition*. McGraw-Hill, 2006.

[2] D. Alfons, E.P., "Analisis Pengaruh Variasi Massa LPG sebagai Refrigeran terhadap Prestasi Kerja dari Lemari Es.," *J. ROTOR*, vol. 6 Nomor 1, 2013.
[3] Stoecker.WJ, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga, 1992.
[4] Y. Hui, *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Volume 3.* Boca Raton: Taylor & Francis Groupe. 2006.
[5] Amrullah; Zuryati Djafar; Wahyu H Piarah, "*Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga dengan Variasi Refrigeran*," *Jurnal Teknoogi. Terapan.ISSN 2477-3506*, vol. 3 Nomor 2, 2017.
[6] Arif. Effendy, *Thermodinamika Teknik*. Makassar : MEMBUMI publishing, 2013.
[7] Lothar P, "*Freezer dengan Daya 1/6 PK dan Panjang Pipa Kapiler 150 cm*," Jurusan Teknik Mesin Univ. Sanata Darma,Yogyakarta, 2015.
[8] Wahyu. Dian, Nasrullah, Khairul Amri, "*Kaji Eksperimental Pengunaan R22 dan R410A Berdasarkan Variasi Laju Aliran Massa Pada Mesin AC*," *POLI REKAYASA*,ISSN 1858-3709, vol. 9 Nomor 2, 2014.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada LLDIKTI Wilayah IX atas pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Politeknik Bosowa yang telah memfasilitasi peralatan dan tempat sehingga penelitian ini dapat kami selesaikan. Tidak lupa terima kasih kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah menyelenggarakan Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyrakat (SNP2M) tahun 2019 sehingga penelitian ini dapat kami publikasikan.

PENGARUH PENGERINGAN VAKUM TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIK LAPISAN KAYU TERAS DAN GUBAL DARI KAYU KUMEA BATU

Chandra Bhuana[1)], Sonong[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of changes in vacuum pressure and temprature on the vacuum drying process of wood, to changes in the physical properties of the porch and sapwood layers of kumea stone wood (manilkarra merrilliana, H.J.L). The method of achievement is to vary the vacuum pressure of 30 kPa, 65 kPa and 100 kPa, with variations in the temperature of the drying chamber 50°C, 65°C and 80°C. The dimensions of the wood are 25 cm x 2.5 cm x 1.0 cm, the two heaters as a convection heat source are installed at the bottom of the wood in the drying chamber. Tests carried out for 200 minutes and every 20 minutes measurements of mass, dimensions and measurements of cracks that occur. The results of the analysis showed that there was no change in physical properties in the form of cracks in the sapwood layer, for various variations of pressure and temperature of the vacuum drying. On the porch wood layer physical changes occur marked by the occurrence of cracks in the drying wood, except at a pressure of 30 kPa and a temperature of 50°C there is no cracking.

Keywords*: kumea stone wood, vacuum pressure, physical properties, crack.*

1. PENDAHULUAN

Kayu adalah bahan yang sering dipergunakan untuk tujuan tertentu dalam kehidupan ini. Pada penggunaan sebagai bahan tertentu, kayu tidak dapat digantikan dengan bahan lain, karena sifatnya yang spesifik. Manusia sebagai pengguna kayu mengetahui setiap jenisnya, dengan sifatnya yang berbeda. Sifat-sifat kayu perlu dikenal lebih mendalam, sehingga dapat dipilih dan ditentukan sesuai dengan kebutuhan serta penggunaannya [1]. Kayu dapat digunakan sebagai bahan struktur, misalnya untuk konstruksi bangunan, lantai, perabot rumah tangga, alat olahraga dan lain-lain. Pemilihan kayu yang baik untuk penggunaan sebagai bahan struktur, sangat penting diketahui sifat mekanik dari kayu. Pengetahuan mengenai sifat mekanik kayu mengakibatkan dapat dipilih jenis kayu dan kegunaannya yang tepat, tetapi dapat dipilih juga kemungkinan penggantian oleh jenis kayu lainnya, bila jenis kayu tersebut sulit diperoleh secara kontinyu atau harganya terlalu mahal. Pengetahuan mengenai sifat mekanik kayu akan bermanfaat pada proses pengolahan kayu, seperti proses permesinan.

Kayu kumea batu (*manilkarra merrilliana,* HJL) yang merupakan salah satu jenis kayu dari hutan alam Sulawesi. Kayu kumea batu memiliki tekstur halus dan permukaan kayu yang mengkilap. Kayu ini sangat berat dan keras. Kayu ini memiliki mutu pemesinan yang sangat baik sehingga cocok digunakan sebagai kayu struktur dengan beban berat untuk perumahan dan perahu, karoseri truk, tiang listrik, mebel, moulding, gagang peralatan, kerajinan dan arang [6].

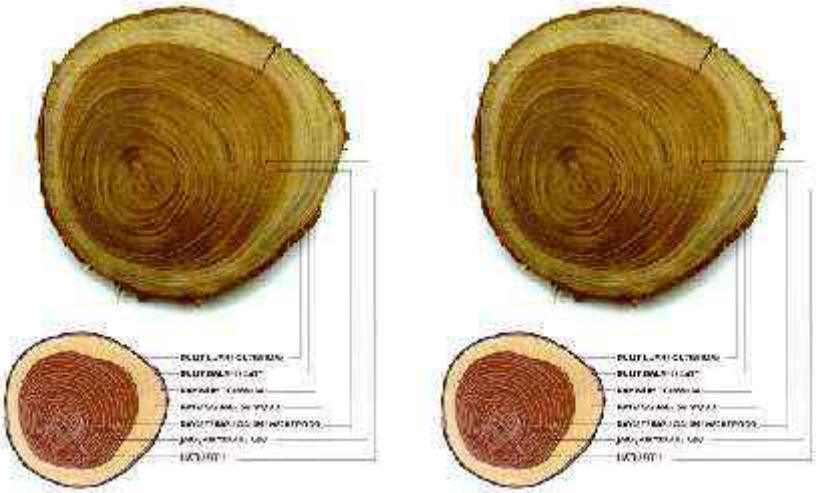
Pengeringan Vakum

Pengeringan vakum adalah pengeringan dengan memberikan tekanan vakum pada ruang pengering yang akan menaikkan beda tekanan uap dipermukaan bahan dengan lingkungannya, sehingga laju pindah massa uap air juga akan meningkat [7]. Proses pengeringan kayu pada pengeringan vakum berjalan lebih cepat dibanding proses pengeringan konvensional, karena air di dalam kayu menguap dengan cepat. Pengeringan vakum dilakukan pada tekanan vakum dengan pemberian panas secara konvektif.

Kayu Teras dan Kayu Gubal

Haygreen dan Bowyer (1982) menyatakan bahwa, pengamatan suatu potongan melintang batang bagian tengah yang lebih gelap didekat empulur disebut sebagai kayu teras (*heartwood*), kemudian dikelilingi oleh bagian luar yang lebih terang disebut sebagai kayu gubal (*sapwood*). Di dalam kayu gubal terdapat sel-sel yang hidup. Kayu teras secara fisiologis tidak berfungsi lagi, tetapi hanya menunjang pohon secara mekanis.
Dalam permulaan kehidupan, semua kayu yang dibentuk secara fisiologis aktif akan membentuk kayu gubal, tetapi sesudah batang bertambah diameternya tiap tahun dari

[1] Korespondensi penulis: Chandra Bhuana, Telp. 081340160225, chandrabhuana@poliupg.ac.id



Gambar 1. Penampang Melintang Kayu

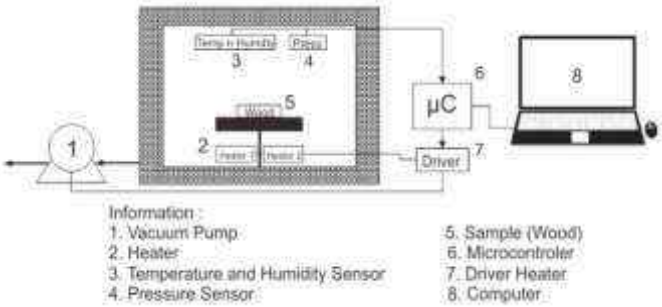
Lapisan-lapisan kayu gubal baru di luar kayu yang sudah ada. Kayu yang tua di bagian dalam lambat laun berhenti bekerja, kecuali secara mekanis. Kayu ini juga mengalami perubahan-perubahan tertentu lainnya, akibatnya kayu gubal yang lama diubah menjadi kayu teras. Dengan bertambahnya diameter pohon, tebal kayu teras bertambah sedangkan kayu gubal relatif tetap. Akibatnya, pohon-pohon besar biasanya hanya mengandung lapisan luar kayu gubal yang relatif tipis, yang sebagian besar dihilangkan dalam penggergajian kayu bulat menjadi papan-papan dan kayu bangunan [1].

Penampang sebatang pohon seperti gambar 1 diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Kulit luar, bagian ini bersifat kering dan sifatnya sebagai pelindung
2) Kayu gubal (sapwood), bagian kayu yang masih muda terdiri dari sel-sel yang masih hidup, yang berfungsi sebagai penyalur cairan dan tempat penimbunan zat-zat makanan.
3) Kayu teras (heartwood), bagian jaringan sel yang membentuk kayu keras, yaitu bagian batang yang fungsinya untuk memperkuat batang kayu agar tegar berdiri.
4) Hati kayu (pitch), bagian kayu yang terletak pada pusat lingkaran tahun. Biasanya digunakan untuk menentukan jenis suatu pohon.
5) Lingkaran tahun, bagian kayu yang terbentuk pada permulaan dan pada akhir suatu musim. Melalui lingkaran tahun ini dapat diketahui umur suatu pohon.

2. MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang pada Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol. Desain sistem pengering vakum dengan akuisisi data dapat dilihat pada gambar 2. Dalam melakukan pengujian diperlukan sistem pengujian dan instrumentasi pengujian yang terdiri dari pompa vakum untuk mengeluarkan udara dari ruang pengering, 2 buah heater sebagai sumber panas, sensor tempratur dan tekanan yang digunakan untuk mengatur tempratur dan tekanan vakum selama proses pengujian, bahan uji berupa lapisan kayu teras dan gubal dari kayu kumea batu dengan dimensi (25x2,5x1) cm. Adapun Laptop , mikrokontroler dan pengendali heater digunakan untuk mengatur dan mengendalikan proses pengujian.



Gambar 2. Desain Alat Pengering Vakum

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu

(1) Timbang massa kayu dengan timbangan digital dan ukur kadar air kayu dengan menggunakan Moisture Meter. Setiap benda uji kayu harus mempunyai ukuran yang sama dengan toleransi ± 0,5 mm (SNI ISO 3129: 2011).
(2) Masukkan benda uji ke dalam ruang pengering, lalu atur tekanan vakum dan temperatur pengujian serta interval waktu pencatatan data pengujian dengan menggunakan akuisisi data.
(3) Variasi tekanan vakum adalah 30, 65 dan 100 kPa dan temperatur ruang pengering divariasikan sebanyak 3 kondisi yaitu, 50, 65, dan 80°C.
(4) Pengeringan berlangsung selama 200 menit dengan metode tidak kontinyu, dimana tiap interval 20 menit dilakuakan penimbangan.
(5) Lakukan langkah 4 secara terus menerus sampai lama pengeringan 200 menit tercapai.
(6) Ulangi langkah 1 – 5 hingga variasi tekanan vakum dan temperatur ruang pengering selesai di uji secara keseluruhan.

Setiap tahap pengujian dilakukan pengukuran dimensi dan celah retak yang terjadi pada tiap lapisan kayu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

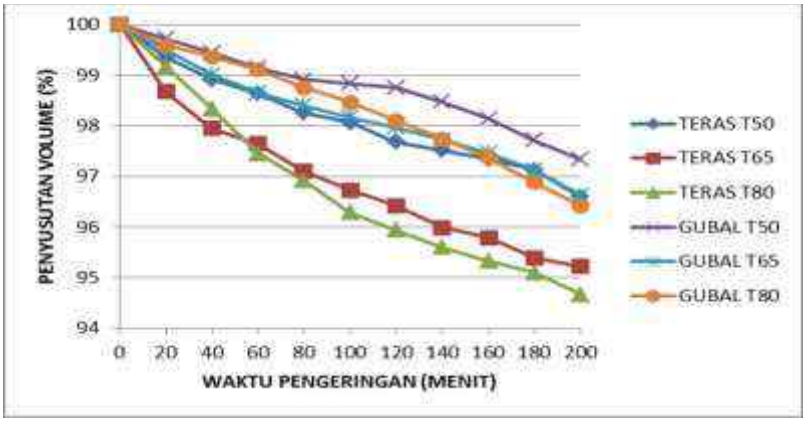
Pada pengeringan kayu terjadi perpindahan panas dan massa yang mudah menguap dari permukaan kayu. Pada proses pengeringan kayu permukaan kayu akan lebih cepat kering dibandingkan bagian dalam kayu, karena terjadi proses penguapan pada permukaan. Proses pemguapan ini merupakan proses difusi kandungan air dari permukaan kayu ke udara [5].

Proses difusi ini akan lebih cepat terjadi jika pengeringan kayu dilakukan didalam ruang pengering yang bertekanan vakum, sebab pengeringan vakum mengakibatkan terjadinya perpindahan massa air dari rongga kayu kepermukaan kayu dan dari permukaan kayu ke sekeliling ruang pengering pada temperatur yang lebih rendah [3]. Laju perpindahan massa yang tinggi kepermukaan kayu mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik dari kayu berupa perubahan massa kayu dan perubahan dimensi kayu, yang mengakibatkan penyusutan volume kayu. Penyusutan volume kayu terjadi pada semua lapisan kayu, baik pada lapisan kayu teras maupun gubal.

Lapisan kayu teras dan gubal dari kayu kumea batu, juga mengalami perubahan sifat fisik berupa penyusutan volume kayu pada proses pengeringan vakum. Gambar 3-5 memperlihatkan besarnya persentase penyusutan volume lapisan kayu teras dan gubal dari kayu kumea batu pada berbagai variasi temperatur dan tekanan vakum.

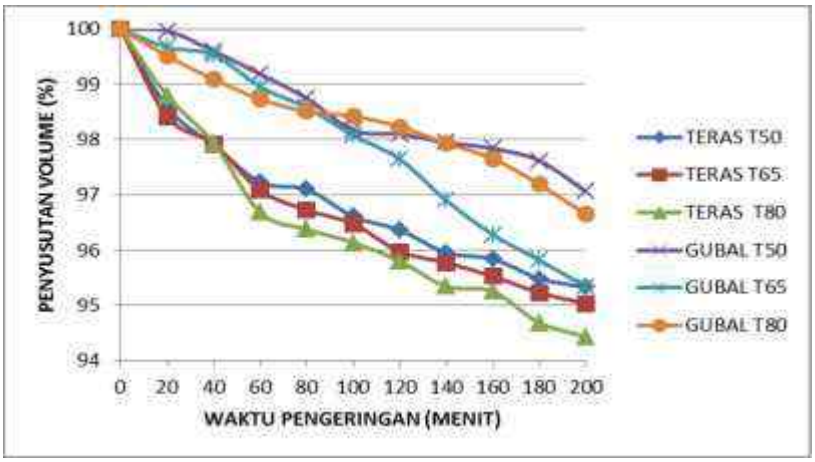
Gambar 3. Hubungan Waktu Pengeringan dengan Penyusutan Volume Kayu padaTekanan Vakum 100 kPa dengan Variasi Tempratur untuk Lapisan Kayu Teras dan Gubal

Dari gambar juga terlihat bahwa persentase laju penyusutan volume kayu terbesar terjadi pada 40 menit pertama waktu pengeringan. Hal ini disebabkan oleh besarnya laju pengeringan pada 40 menit pertama pada proses pengeringan vakum [2]. Persentase penyusutan volume kayu terendah setelah dikeringkan selama 200 menit, terjadi pada lapisan kayu gubal pada tekanan 100 kPa dan temperatur 50 ^{o}C sebesar 0,94% dengan rata-rata persentase laju penyusutan volume sebesar 0,0047%/menit.



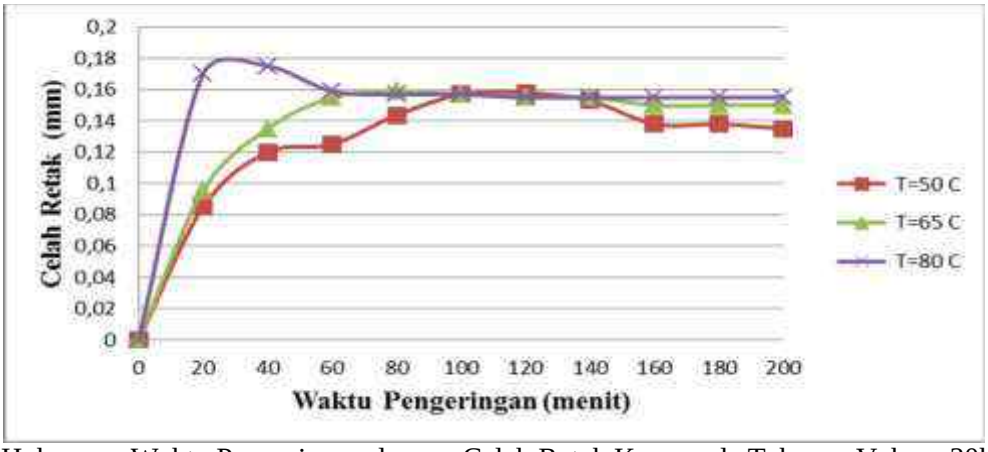
Gambar 4. Hubungan Waktu Pengeringan dengan Penyusutan Volume Kayu padaTekanan Vakum 65 kPa dengan Variasi Tempratur untuk Lapisan Kayu Teras dan Gubal

Persentase penyusutan volume kayu terbesar terjadi pada pengeringan lapisan kayu teras dengan tekanan 30 kPa dan temperatur 80°C sebesar 5,57%, dimana rata-rata persentase laju penyusutan volume sebesar 0,028 %/menit.



Gambar 5. Hubungan Waktu Pengeringan dengan Penyusutan Volume Kayu padaTekanan Vakum 30 kPa dengan Variasi Tempratur untuk Lapisan Kayu Teras dan Gubal

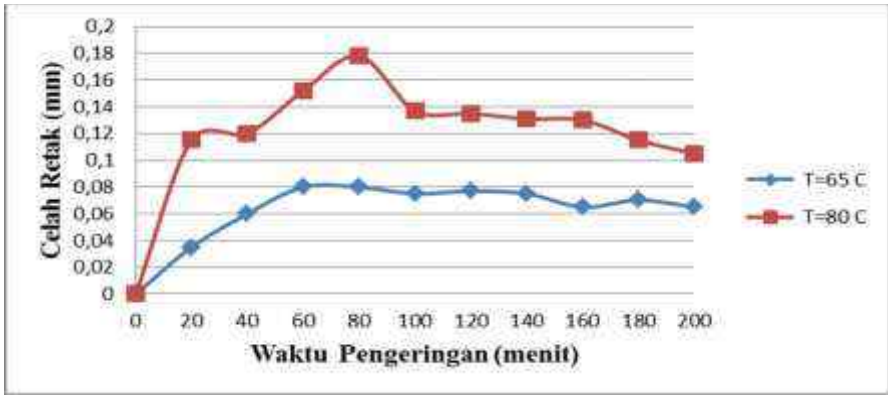
Gambar 6 memperlihatkan retakan yang terjadi pada struktur permukaan kayu yang dikeringkan dengan tekanan 65 kPa, untuk semua variasi tempratur yang diuji. Retakan yang menimbulkan celah retak mulai terlihat pada 20 menit pertama pengujian. Celah retak terbesar terjadi pada pengeringan dengan tempratur 80°C. Tingginya persentase penyusutan volume kayu pada tempratur 80°C, mengakibatkan terjadinya retakan dengan celah retak yang cukup besar secara tiba-tiba dalam waktu yang cepat pada awal pengeringan (overshoot)(Gambar 4). Hal ini juga mengakibatkan bentuk garis kurva pada tempratur 80°C terlihat berbeda dari bentuk garis kurva variasi tempratur yang lain. Lebar celah keretakan terbesar pada kondisi ini adalah 0,175 mm. Setelah proses pengujian berlangsung selama 80 menit, lebar celah retakan juga terlihat konstan.



Gambar 6. Hubungan Waktu Pengeringan dengan Celah Retak Kayu pada Tekanan Vakum 30kPa dengan Tempratur 65 ^{o}C dan 80 ^{o}C untuk Lapisan Kayu Teras

Persentase laju penyusutan volume kayu yang rendah pada tekanan vakum 30 kPa dan 50°C seperti terlihat pada gambar 5, tidak mengakibatkan terjadinya retakan pada struktur permukaan kayu, yang telah dikeringkan selama 200 menit. Dimana tiap 20 menit dilakukan pengukuran celah retak menggunakan mikroskop digital dengan pembesaran 500X.

Retakan hanya terjadi pada permukaan struktur kayu yang dikeringkan pada tekanan vakum 30 kPa dan tempratur 65°C dan 80°C. Keretakan berupa celah retak mulai terlihat setelah kayu dikeringkan pada 20 menit pertama pengeringan. Celah retak terjadi secara tiba-tiba dalam waktu yang cepat (overshoot), berlangsung sebanyak dua kali yaitu pada awal pengeringan dan pada saat 40 menit pengeringan itu berlangsung. Kondisi ini di sebabkan oleh tingginya laju prosentase penyusutan volume kayu (Gambar 5), sebab tempratur pengujian 80°C berada jauh diatas tempratur penguapan air pada tekanan vakum 30 kPa. Saat waktu pengeringan telah berlangsung selama 120 celah retak yang terjadi juga terlihat konstan sampai waktu pengeringan berakhir (Gambar 7).



Gambar 7. Hubungan Waktu Pengeringan dengan Celah Retak Kayu pada Tekanan Vakum 30kPa dengan Tempratur 65 ^{o}C dan 80 ^{o}C untuk Lapisan Kayu Teras

Lapisan kayu teras pada tekanan 100 kPa dan lapisan kayu gubal pada berbagai variasi tekanan dan tempratur vakum tidak mengalami keretakan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya prerentase penyusutan volume kayu pada kondisi tersebut.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persentase penyusutan volume kayu yang rendah pada pengeringan vakum lapisan kayu gubal kayu kumea batu dengan berbagai variasi tekanan dan tempratur vakum, tidak mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik berupa keretakan pada kayu.
2. Persentase penyusutan volume kayu yang tinggi pada pengeringan vakum lapisan kayu teras kayu kumea batu pada tekanan 30 kPa dan 65 kPa, mengakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik berupa

keretakan pada kayu untuk semua variasi tempratur. Kecuali pada tempratur 50°C dengan tekanan 30 kPa tidak terjadi keretakan karena prosentase penyusutan volume kayu yang rendah pada tempratur tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Budianto. Sistem Pengeringan Kayu. Jakarta: Kanisius. (1996).

[2] Chandra Bhuana dan Sonong. Pengaruh Pengeringan Vakum Terhadap Kekuatan Mekanik Lapisan Kayu Teras dan Gubal dari Kayu Kumea Batu. Prociding SNP2M PNUP. Makassar (2018).

[3] Chen, Z., F. M. Lamb. A Vacuum drying System for Green Hardwood Parts. Drying Technology Vol. 22, No.3, pp. 577-595. Tsukuba, Japan. (2001) 116-121.

[4] Chen, Z., F. M. Lamb. The Primary driving force in wood vacuum drying. Proceeding of 7th IUFRO wood drying comference. Tsukuba, Japan. (2001) 116-121. [4] Hygreen dan Bowyer. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar. Dialih Bahasakan oleh Sutjipto A. Hadikusumo. UGM Press. Jogyakarta. 1996.

[5] Jung, H.S. Comparison of Vacuum Drying Characteristics of Red Pine SquareTimber Using Different Heating Methods. International IUFRO Wood Drying Conference; 8th. (2003).

[6] Lempang, M. and Asdar M. Anatomical structure, physical and mechanical properties of kumea wood. Journal of Forest Observation Yielding. 26 (2008) 138-147.

[7] Panshin, A. J., Zeeuw., Texbook of Wood Technology. (1980).14 ed. McGraw-Hill.

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT BAWAH AIR

Akhmad Taufik [1)], Remigius Tandioga.[1)], Amirullah[2)], Mirna Santi[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Prodi S1 Terapan Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRAK

The purposes of this research are to design and to make a prototype of a waterproof underwater robot and to create a mechanism for data communication between the controller (smartphone) and the microcontroller built in the underwater robot using bluetooth device. This research began with the design of mechanical and electronic robot systems. Then, the assembly of the mechanical and electronic system based on the previous design. After that the mechanical and electronic system testing is carried out. The next stage is programming and testing the program. The final stages of this research is testing the overall robot system, especially the watertight testing. Assembly and testing of hardware components both mechanical and electronic robots have been carried out. Watertight testing by submerging the robot into water for approximately 5 minutes has also been carried out. The test results show that the underwater robot can be in the water without experiencing water seepage into the body of robot. The data communication between the controller and the microcontroller of robot using bluetooth device can be done at a maximum distance of 10 m.

Keywords*: underwater robot, bluetooth*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki wilayah perairan laut yang sangat luas. Namun demikian, wilayah perairan tersebut khususnya dalam laut belum dimanfaatkan secara optimal, khususnya dalam bidang riset dan aplikasi riset baik untuk kebutuhan masyarakat maupun untuk kebutuhan industri. Saat ini, pengambilan data, sampel, atau keperluan lainnya di bawah laut masih dilakukan dengan cara konvensional yaitu memanfaatkan tenaga penyelam (manusia). Aktivitas ini tentunya dapat dilakukan oleh manusia sampai pada kedalaman tertentu dan waktu yang sangat terbatas. Dengan demikian diperlukan sentuhan teknologi untuk memaksimalkan jangkauan eksplorasi, riset, atau berbagai keperluan manusia di bawah laut khususnya pada daerah-daerah yang ekstrim atau berbahaya.

Perkembangan teknologi terutama robotika dalam berbagai bidang menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Penggunaan robot dalam beberapa hal dapat menggantikan peran manusia. Salah satu solusi untuk membantu manusia dalam melakukan kegiatan eksplorasi, riset, atau berbagai keperluan di bawah laut adalah dengan menggunakan robot bawah air *(underwater robot).*

Robot bawah air (underwater robot) merupakan salah satu teknologi robot yang sangat diperlukan untuk eksplorasi bawah air. Pada umumnya robot bawah air masih menggunakan kabel sebagai penghubung robot dengan pengendali. Namun demikian, pada saat robot beroperasi dalam air maka kabel tersebut dapat menjadi beban dan menambah kerja robot di bawah air. [1]

Pemanfaatan robot bawah air ini dalam bidang kelautan diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam kegiatan eksplorasi, riset, dan berbagai kegiatan positif lainnya di bawah laut. Aktuator yang digunakan pada robot bawah air dapat berupa brushless DC motor dan servo motor. Brushless DC motor (BLDC motor) yang juga dikenal sebagai electronically commutated motors (ECMs) adalah tipe motor sinkron yang memakai sumber listrik arus searah sebagai tenaganya. Arus searah yang digunakan umumnya bersumber dari arus bolak-balik yang kemudian disearahkan dengan inverter. [2] Motor servo adalah komponen elektronika yang berupa motor yang memiliki sistem feedback atau umpan balik guna memberikan informasi posisi putaran motor aktual yang diteruskan pada rangkaian kontrol mikrokontroler. Pada dasarnya motor servo banyak digunakan sebagai aktuator yang membutuhkan posisi putaran motor yang presisi. [3]

Robot bawah air yang digunakan untuk aktivitas di bawah laut harus memiliki *body* yang kedap air dan harus dapat bergerak stabil di dalam air. *Body* robot yang kedap air menjadi sebuah keharusan agar komponen-komponen yang ada di dalam robot tidak mengalami kerusakan akibat terkena air yang dapat menyebabkan kerusakan sistem. Namun demikian, kondisi tersebut tidaklah mudah untuk dicapai karena sifat,

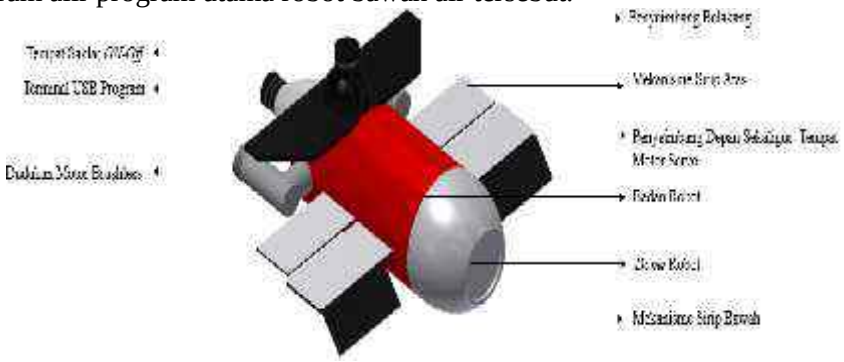
[1] Korespondensi penulis: Akhmad Taufik, Telp 089612952852, akhmad_taufik@poliupg.ac.id

karakteristik dan kondisi air laut tidaklah sama dengan sifat, karakteristik dan kondisi air di tempat yang biasa seperti di dalam kolam atau di dalam wadah sempit (terbatas) lainnya.

Untuk komunikasi data antara kontroller (komputer atau smartphone) dengan mikrokontroller pada robot bawah air dapat dilakukan dengan kabel maupun tanpa kabel. Komunikasi tanpa kabel dapat dilakukan dengan menggunakan modul *bluetooth* HC-06. Jarak transfer (komunikasi data) rata-rata adalah 10-15 m. [4]. Pentingnya penggunaan teknologi robotika untuk eksplorasi, riset dan berbagai keperluan lainnya (seperti pencarian objek dan penyelamatan atau SAR *(Search and Rescue))* dalam air serta berbagai tantangan yang akan ditemui dalam pembuatannya mendorong kami untuk melaksanakan penelitian rancang bangun robot bawah air (*underwater robot).*

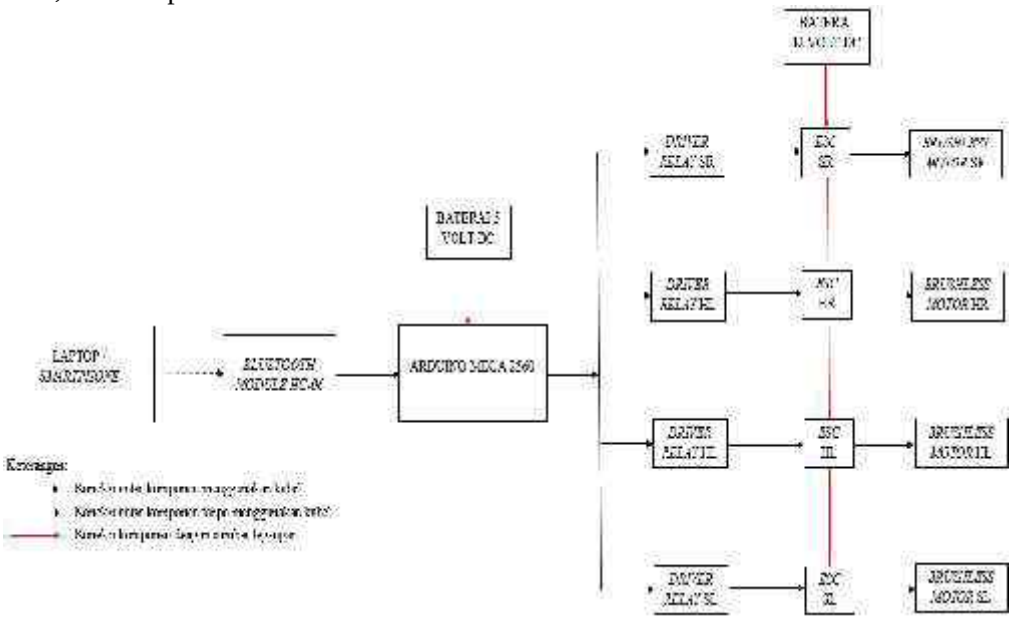
2. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan utama dari penelitian dasar ini adalah (i) perancangan sistem mekanik dan elektronik, (ii) perakitan sistem mekanik dan elektronik, (iii) pengujian sistem mekanik dan elektronik, (iv) pembuatan dan pengujian program, (v) pengujian kekedapan robot bawah air di dalam air (vi) pengambilan data, dan (vii) pembuatan laporan dan publikasi. Gambar 1 menunjukkan rancangan mekanik robot bawah air yang dibuat. Gambar 2 menunjukkan diagram blok rangkaian robot bawah air tersebut. Gambar 3 menunjukkan diagram alir program utama robot bawah air tersebut.



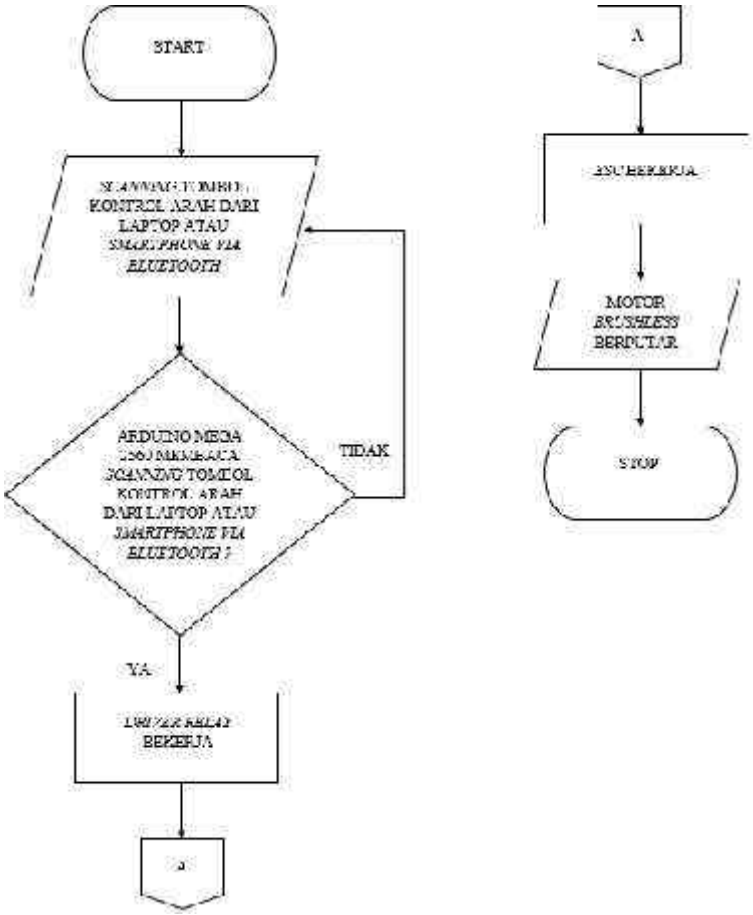
Gambar 1. Rancangan robot bawah air

Pengujian awal kekedapan air dilakukan dengan variasi bahan lapisan body robot. Selanjutnya pengujian kekedapan air (mekanik) dilakukan dengan menenggelamkan robot bawah air tersebut ke dalam kolam sedalam 1,5 m dari permukaan air selama 300 detik.



SR *(Surge Right)*: Gerakan horizontal, letak komponen berada di sisi kanan robot
SL *(Surge Left)*: Gerakan horizontal, letak komponen berada di sisi kiri robot
HR *(Heave Right)*: Gerakan vertikal, letak komponen berada di sisi kanan robot
HL *(Heave Left)*: Gerakan vertikal, letak komponen berada di sisi kiri robot

Gambar 2. Diagram blok rangkaian robot bawah air



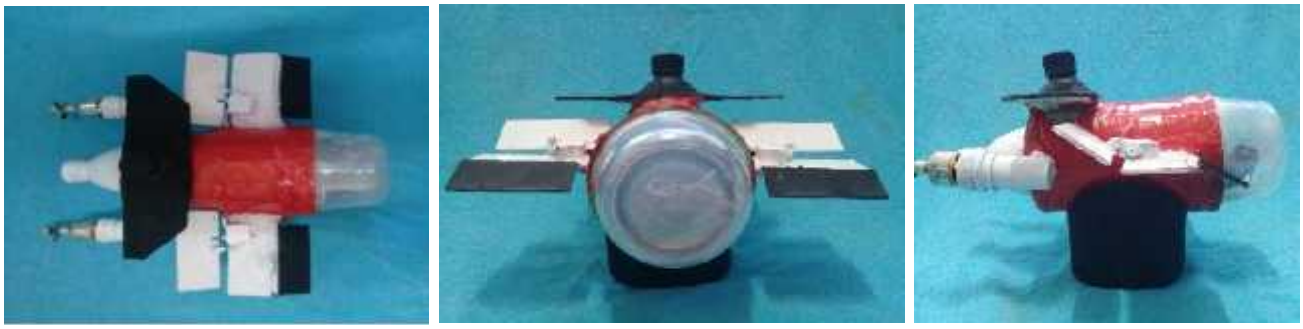
Gambar 3. Diagram alir program utama robot bawah air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Mekanik

Berdasarkan hasil perancangan robot bawah air berbasis arduino Mega 2560, alat yang dirancang mampu kedap terhadap air. Robot tersebut memiliki ukuran panjang keseluruhan yaitu 700 mm dan lebar yaitu 430 mm. Beberapa komponen utama yang digunakan yaitu pipa pvc dan akrilik untuk body robot serta panel box untuk penempatan rangkaian elektronik robot. Gambar 4 menunjukkan hasil perancangan mekanik robot bawah air.

Dimensi pipa PVC untuk body robot adalah panjang 500 mm dan lebar 165,1 mm. Tempat lampu penerangan dalam air (*lighting*) memiliki diameter 76,2 mm, panjang 150 mm dan lebar 110 mm. Tempat motor untuk gerakan vertikal robot memiliki diameter 76,2 mm, panjang 120 mm dan lebar 135 mm. Adapun tempat motor untuk gerakan horizontal memiliki diameter 76,2 mm, panjang 150 mm dan lebar 138 mm, ukuran penyeimbang robot memiliki diameter 76,2 mm, panjang 500 mm dan lebar 138 mm. Panel box robot bawah air terbuat dari akrilik dengan beberapa rangkaian di dalamnya seperti rangkaian kontrol dan rangkaian aktuator.



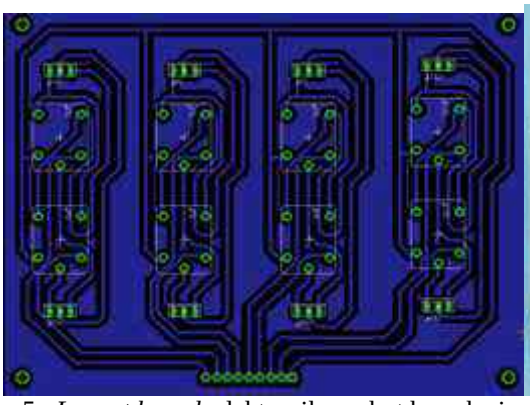
(a) tampak atas (b) tampak depan (c) tampak samping

Gambar 4. Hasil perancangan mekanik robot bawah air

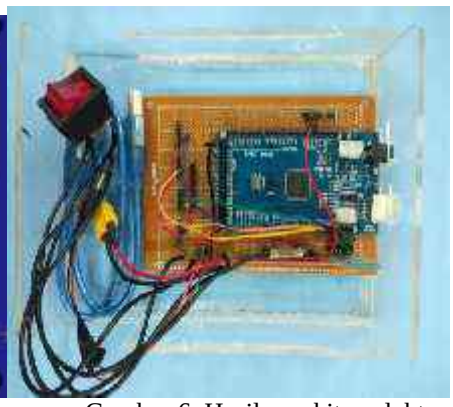
3.2 Hasil Perancangan Elektronika

Pada rangkaian elektronika pengontrolan robot bawah air menggunakan Arduino Mega 2560 dan relay 12 V yang berfungsi untuk mengubah arah putaran motor *Clock Wise* (CW) menjadi *Counter Clock Wise* (CCW) atau sebaliknya. Sumber tegangan ada dua yaitu baterai 5 volt dan baterai li-po 12 volt yang dipasang untuk menyuplai tegangan masuk ke arduino kemudian didistribusikan ke komponen-komponen lainnya. Adapun jenis motor sebagai penggerak robot yang d igunakan adalah motor *Brushless* 12 volt. Kecepatan pada motor *brushless* diatur melalui *Electric Speed Control* (ESC) sebagai yang juga merupakan driver motor.

Pembuatan rangkaian elektronika dibuat menggunakan aplikasi Eagle kemudian dicetak dipapan PCB, serta pemasangan komponen-komponen elektonika yang dipakai seperti resistor, *LED*, *pin header* dan *relay*. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan *layout board* elektronika robot bawah air dan hasil perakitan elektronika robot bawah air .



Gambar 5. *Layout board* elektronika robot bawah air



Gambar 6. Hasil perakitan elektronika robot bawah air

3.3 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Program untuk robot bawah air ini dibuat dengan menggunakan aplikasi arduino IDE dan *bluetooth HC-05*. Program ini digunakan untuk melakukan komunikasi data serial antara komputer/smartphone dengan robot bawah air.

3.4 Perhitungan Robot Bawah Air

a) Massa Robot (m_r [kg])
   Setelah dilakukan pengukuran maka diketahui massa robot adalah sebesar 1,20 kg.

b) Berat Robot (W_r [N])
   Berdasarkan massa robot di atas maka berat robot adalah 12 N.

c) Volume Robot (V_r [m^3])
   Setelah dilakukan perhitungan volume bagian-bagian robot, diperoleh volume total robot bawah air sebesar 2.229,24 x 10^{-6} m^3

d) Massa Jenis Robot Bawah Air (ρ_r[kg/m^3])
   Berdasarkan massa dan volume robot, diperoleh massa jenis robot berikut:

$$\rho_r = \frac{m}{V} \qquad \rho_r = \frac{1{,}2}{2.2\ \ ,2\ \ \mathrm{x}\,1\ -6} \qquad \rho_r = 540\ \mathrm{kg/m^3}$$

   jadi, massa jenis robot adalah 540 kg/m^3. Karena massa jenis robot lebih kecil dari massa jenis air (1.000 kg/m^3) maka kondisi normal robot di atas air adalah terapung. Untuk membuat massa jenis robot sama dengan massa jenis air maka diperlukan tambahan beban agar robot dapat melayang di dalam air. Beban tambahan yang diperlukan oleh robot untuk berada pada posisi melayang sebagai berikut:

$$\rho_{zc} = \frac{m_r + m_x}{V} \qquad 1.000 = \frac{1{,}2 + m_x}{2.2\ \ ,2\ \ \mathrm{x}\,1\ -6} \qquad m_x = 1{,}03\ \mathrm{kg}$$

   jadi, massa beban tambahan yang diperlukan oleh robot agar robot dapat melayang di dalam air adalah 1,03 kg. Nilai ini akan menjadi pertimbangan untuk menambahkan beban pada robot bawah air. Selanjutnya mekanisme naik turun robot di dalam air dapat dilakukan dengan menambah dan mengurangi air ke dalam lambung khusus robot dan dibantu dengan aktuator motor brushless DC yang memutar propeller.

3.4 Hasil Pengujian kekedapan air (mekanik) dan elektronik

Pada robot bawah air ini, smartphone mengirim perintah berupa sinyal dalam bentuk tipe data *byte* dan *char* kemudian bluetooth menerima sinyal tersebut dan mengirimkannya ke arduino. Arduino akan

memproses data berupa program yang telah dibuat menggunakan program arduino, selanjutnya arduino mengirim sinyal ke *Electric Speed Control* (ESC). Setelah sinyal diproses maka ESC mengelola sinyal dari mikrokontroler arduino kemudian dikirim ke relay sebagai keluaran sehingga dapat menggerakkan aktuator (motor). Selain itu, terdapat relay yang berfungsi untuk mengatur arah putaran motor.

Pengujian awal kekedapan air dilakukan dengan variasi bahan lapisan body robot. Selanjutnya pengujian kekedapan air (mekanik) dilakukan dengan menenggelamkan robot bawah air tersebut ke dalam kolam sedalam 1,5 m dari permukaan air selama 300 detik. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kekedapan *body* robot bawah air dengan variasi bahan lapisan. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kekedapan robot bawah air setelah direndam selama 300 detik.

Tabel 2. Hasil pengujian kekedapan *body* robot bawah air dengan variasi bahan lapisan

Percobaan	Bahan Lapisan	kondisi
1	Isolasi pipa	bocor
2	Lem lilin	bocor
3	Isolasi pipa + lem lilin	bocor
4	Red silicon	bocor
5	Red silicon + isolasi pipa	bocor
6	Epoxy	kedap

Tabel 3. Hasil pengujian kekedapan robot bawah air selama 300 detik

Percobaan	Waktu [s]	Kondisi
1	30	Kedap
2	60	Kedap
3	90	Kedap
4	120	kedap
5	150	kedap
6	180	kedap
7	210	Kedap
8	240	Kedap
9	270	Kedap
10	300	Kedap

3.4.2 Hasil Pengujian Program dan Komunikasi Serial

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah port pada arduino berfungsi dengan baik atau tidak. Pengetesan rangkaian arduino dilakukan dengan meng-*upload* program yang telah dibuat. Pengujian juga dilakukan menggunakan *bluetooth HC-05* sebagai jalur komunikasi serial tanpa kabel antara smartphone dan robot bawah air. Built in LED sebagai indikator koneksi *bluetooth.* Dari pengujian tersebut diperoleh bahwa jarak efektif jangkauan komunikasi via bluetooth sebesar 10 meter. Jika jarak controller dan robot bawah air lebih dari 10 meter maka kualitas koneksinya semakin berkurang dan akhirnya terputus. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian respon *Bluetooth HC-05.*

Tabel 4 Pengujian respon *Bluetooth HC-05*

Percobaan	Jarak (m)	Koneksi *Bluetooth*
1	2	terhubung
2	4	terhubung
3	6	terhubung
4	8	terhubung
5	10	terhubung
6	12	tidak terhubung

4.KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian terapan ini sebagai berikut:

1. Perakitan dan pengujian komponen-komponen hardware baik mekanik maupun elektronik robot telah dilakukan. Pengujian kedap air terhadap body robot juga telah dilakukan. Robot bawah air tersebut dapat berada di dalam air tanpa mengalami rembesan air ke dalam body robot.

2. Komunikasi data antara komputer dan robot dengan menggunakan *bluetooth* dapat dilakukan pada jarak maksimal 10 m.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Junan, Poekoel, dan Putro, Muhammad Dwisanto. *Rancang Bangun Robot Bawah Air*. Manado: Universitas Sam Ratulangi, 2018.

[2] Pratama, Putra HP, dkk. *Perancangan Motor listrik BLDC 10 KW untuk Sepeda Motor Listrik*. Mataram: FT Universitas Mataram, 2016.

[3] Agus Faudin, "Cara mengakses Motor Servo menggunakan Arduino, 31 Agustus 2017. [Online], URL: https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-motor-servo-menggunakan-arduino/ [diakses 21 Pebruari 2019]

[4] K.A. Pamungkas, dkk. "Aplikasi Android dan Mikrokontroller Arduino pada Kontrol Smarthome dengan Komunikasi Bluetooth", Jurnal Ilmiah NERO, Vol. 2, No. 3, 2016.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini khususnya kepada pihak pimpinan PNUP dan pihak P3M PNUP yang telah mengorganisir kegiatan penelitian dosen PNUP. Penelitian ini dibiyai oleh DIPA PNUP sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian dengan nomor 020/PL10.13/PL/2019 Tanggal 1 April 2019.

PENGARUH PENGGUNAAN OLI SAE 30 DENGAN OLI SAE 40 TERHADAP SISTEM PELUMASAN ENGINE EFI SUZUKI BALENO SY DC 1590 CC 1998

Ani Fatmawati[1)], RuspitaSihombing[1)],Merpatih[1)], Samen Lolongan[1)], Rakhel Lia[5)]
1) Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda.
2) Dosen Jurusan Maritim Politeknik Negeri Samarinda

.

ABSTRACT

The number of types of lubricant that can be used for Efi Suzuki Baleno SY DC 1590 CC 1998 engines sometimes raises questions in the community, which lubricant is more efficient to use, and often there are some opinions that say certain lubricants are more economical without conducting research. The method used in this study is an experimental method by testing the two types of lubricants, in order to compare the temperature resulted from SAE 30 and SAE 40 oil. The purpose of this research is to find out how big the comparison of engine temperature while using SAE 30 and SAE 40 oil on Efi Suzuki Baleno SY DC 1590 CC 1998. The T test showed that there is a difference in temperature resulted from SAE 30 and SAE 40 oil in 850 rpm. Mean while in 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm, there is not a difference in temperature resulted from SAE 30 and SAE 40 oil.

Key words: SAE 30, SAE 40, Temperature, Lubricant, Efi Suzuki Baleno Engine

1. PENDAHULUAN

Perbedaan Oli SAE 30 Dan Oli SAE 40

a. Spesifikasi Oli JenisMeditran (SAE 30)

Oli jenis **SAE 30** ini adalah pelumas mesin bensin yang di produksi dari bahan dasar pelumas berkualitas tinggi. Mengandung aditif detergent dispersant, anti oksidasi, anti aus dan mempunyai sifat-sifat melindung dan memelihara kebersihan torak, mencegah terbentuknya sludge (endapan lumpur), mampu mengurangi keausan pada bagian-bagian yang bergerakterutama pada katupdenganbaik. Pelumasdenganindekskekentalan SAE 30 mengandung bahan aditif khusus, menjadikan pelumasan ini mudah bersirkulasi, .mesin mudah dihidupkan pada waktu mesin dingin dengan suhu rendah serta tetap mempunyai kekentalan yang baik saat pengoperasian pada suhu dan kecepatan.

KemampuanKerja

Keistimewaan SAE 30 ini ditunjukkan dengan *Performance*levelnya yang telah memenuhi persyaratan API Service SG/CD. Oleh karena itu tidak perlu tambahan aditif. Pelumasan jenis ini dianjurkan dipakai pada mesin kendaraan dan motor yang di produksi dalam tahun 80 an yang membutuhkan pelumas dengan kualifikasi performansi yang tinggi.

b. Spesifikasi Oli JenisMeditran (SAE 40)

Pelumas **SAE 40** ini terutama dianjurkan untuk melumasi mesin kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar dan menghendaki pelumasan yang sempurna. Pelumas **SAE 40** ini adalah jenis dengan tugas berat dan bermutu tinggi, juga mengandung aditif : anti oksidasi, anti karat, anti aus dan anti busa. Minyak lumas **SAE 40** ini diformulasikan dari bahan dasar yang memiliki viscosity index tinggi.

KemampuanKerja

Oli **SAE 40** jenis ini memenuhi syarat API Servis Classification SE/CE, sehingga tidak perlu tambahan aditif lagi. Dan sangat sesuai untuk pelumasan mesin solar dan bensin kendaraan yang mensyaratkan kinerja API.

SistemPelumasan Pada Engine Efi

Mesin eninge Efi Suzuki baleno menggunakan system pelumasan tekanan penuh. Sistem pelumasan yang digunakan pada mesin adalah system pelumasan tekan penuh dan cara penyaringan minyak pelumas secara langsung. Dalam system tekan ini, oli ditekan oleh pompa mekanik, dari pompa oli dan disalurkan kebagian mesin yang bergerak. Aliran pelumasan pada mesin eninge Efi Suzuki baleno dimulai dari karteroli dihisap oleh pompa oli melalui oil strainer kemudian ditekan masuk kealat pengatur tekanan kemudian masuk kesaringan oli, dari saringan oli baru di alirkan keporos engkol, unit torak, unit katup baru kembali kekarter.

Penyaluran minyak pelumas pada mesin di mulai dari :oli pada karter dihisap oleh pompa oli masuk melalui oil strainer masuk ke pompa oli pada waktu rotor penggerak berputar dan rotor yang digerakkan langsung ikut sama-sama berputar. Poros penggerak tidak satu titik pusat dengan rotor yang digerakkan, oleh karena itu

[1] Korespondensi penulis: Ani Fatmawati, Telp.08125504188, anni140763@gmail.com

besarnya ruangan yang dibentuk oleh dua rotor yang berputar. Oli terhisap kepompa oli saat ruangan membesar, oli masuk melalui tutup pompa dan oli ditekan ketika ruangan mengecil untuk disalurkan kealat pengatur tekanan. Keuntungan dari pompa oli model trocoid bentuknya sederhana dibandingkan model roda gigi, selain itu volume oli yang keluar lebih besar untuk setiap kali berputar. Selanjutnya oli masuk kealat pengatur tekanan, oli mengalir melalui lubang masuk bila tekanan aliran oli pada lubang masuk masih dibawah batas tekanan maksimum, lubang bypass pembatas tekanan tertutup oleh relief valve, tetapi bila putaran mesin naik maka jumlah pelumas yang mengalir bertambah, tekanan akan naik mencapai 4.0 kg/cm2 sehingga relief valve akan melawan pegas akibatnya lubang bypass terbuka dengan tekanan 4.0 kg/cm2 dan sebagian pelumas kembali ke karter dan bila tekanan sudah berada dibawah tekanan maksimum pegas katup akan mengembalikan relief valve keposisisemula dan olimengalirkelubangkeluar. Jumlahminyakpelumas yang mengalir kembali ke karter tergantung dari besar kecilnya lubang bypass membuka pada saat katup mendapa ttekanan minyak pelumas.

Menurut Ahmad Rif'an mengatakan bahwa, setiap menit keausan pada disk meningkat, keausan dengan pelumasan mempengaruhi laju keausan pada spesimen uji dengan nilai rata-rata laju keausannya sebesar 0,000466 mm3/N.m, sedangkan rata-rata laju keausan pada tanpa pelumasan sebesar 0,000784 mm3/N.m. Laju keausan tanpa pelumasan lebih besar dari laju keausan dengan menggunakan pelumasan.[1]

Menurut Fadhil Burhannudin Muhammad mengatakan bahwa, Kemampuan pelumas padat dalam menerima beban sangat baik dan kemampuan pada putaran 700-3000 rpm yang cukup baik, tapi sifat tersebut hanya sementara. Selain itu, pelumas padat tidak dapat dilakukan proses sirkulasi, penyaringan dan pendinginan.[2]

Menurut Joko Prihartono, Petrus Barron Boinsera mengatakan bahwa, Daya dan torsi pada pengujian menggunakan pelumas mineral lebih tinggi dibandingkan dengan pelumas sintetis. Sedangkan hasil analisa air/fuel ratio pada pengujian menggunakan pelumas sintetis lebih tinggi dibandingkan pada pelumas mineral. Berdasarkan data hasil perbandingan pelumas mineral dan sintetis yang mendekati nilai maksimum adalah pelumas.[3]

Menurut Zulkifli A. Yusuf mengatakan bahwa, l perhitungan dengan menggunakan distribusi Weibull nilai MTTF tangki harian 3120 jam, pompa transfer 1096 jam, filter duplex 103 jam, strainer 94 jam, dan cooler 674 jam. Pompa transfer memiliki tingkat resiko paling tinggi dan tangki harian, filter duplex, strainer dan cooler memiliki tingkat resiko menengah. Metode inspeksi yang digunakan berupa visual check.[4]

Bila tekanan oli masih di bawah tekanan maksimum oli mengalir kelubang keluar, oli yang dipompa oleh pompa oli kemudian masuk kelubang masuk saringan oli kemudian disaring melalui kasa, kain katun yang terakhir kertas kemudian mengalir kelubang keluar dari saringan. Bila saringan oli tersumbat oleh kotoran-kotoran maka akan terja diperbedaan tekanan antara saluran masuk dan saluran keluar, bila perbedaan tekanan melebihi 1 kg/cm2 katup bypass akan membuka dan menyalurkan oli keluar dari saringan kemudian oli mengali rmelewati indicator tekanan oli, apabila diafragma tidak mendapat tekanan oli atau tekanan masih dibawah tekanan 0.35 kg/cm2 maka dia akan turun sehingga blok isolator tidak lagi menekan kontak sensor melawan pegas sehingga kontak sensor yang satunya terhubung dengan kontak sensor yang berhubungan dengan terminal, maka pegas mengembalikan kontak sehingga kontak saling berhubungan dan terminal menyalakan lampu sebagai tanda tidak ada tekanan oli. Bila sudah ada tekanan oli maka diafragma akan terdorong dan blok isolator torak akan mendorong kontak melawan pegas sehingga masing-masing kontak tidak berhubungan dan terminal mematikan lampu

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen.

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

2.1.1. Alat Penelitian

a. *Stopwatch* yang digunakan untuk mengukur waktu.
b. *Thermogun* yang dipakai untuk memeriksa suhu pada *engine*.
c. *Tachometer* yang dipakai untuk mengukur putaran *engine*.
d. *Tool set* digunakan untuk keperluan lainnya

2.1.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit Engine Suzuki Baleno dengan spesifikasi sebagai berikut:
   Model / Tipe Motor : SY 416 BALENO DX
   Jenis / TipeMesin : Gasolin

Transmisi : Manual 4 Percepatan
Mekanisme Katup : 4 Silinder Segaris, 8 katup.
Daya Maksimum : 99 HP / 6000 Rpm
Torsi Maksimum : 127 Nm / 6000 Rpm
Firing Order : 1-3-4-2
Bahan Bakar : Bensin
Suhu Kerja Mesin : 70°C
Sistem Pendingin : Radiator AC (Air Conditioner)
Masa Produksi : 1998
Sistem Pelumasan : Kombinasi
Pengisi accu : Alternator

2. Oli SAE30
   Oli SAE40

2.2 Langkah-LangkahPenelitian

2.2.1 TahapPersiapan

Tahap-tahap yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Mempersiapkan peralatan yang diperlukan dalam proses penelitian.
b. Mempersiapkan1 unit Engine Suzuki Baleno yang telah di-*tune up*.
c. Mempersiapkan bahan oli SAE 30 dan oli SAE 40
d. Melakukan pengecekan terhadap pompa oli yang mengacu pada pompa oli.

2.2.2 TahapPengujian

Hal-hal yang harus dilakaukan saat tahap pengujian adalah sebagai berikut:

a. Membuang dan membersihkan oli dari dalam mesin.
b. Menutup kembali saluran buang oli.
c. Mengisi mesin dengan oli SAE 30
d. Mengatur putaran mesin menggunakan tachometer dengan variasi putaran 850, 1500, 2000 dan 2500
e. Setelah 2 menit, mesin di matikan lalu cek temperature pada Engine menggunakan thermometer dengan cara arahkan thermometer ke Engine. Catat temperature yang tertera di thermometer
f. Lakukan percobaan sebanyak 7 kali untuk semua variasi putaran mesin.
g. Mengganti bahan oli SAE 30 dengan jenis oli SAE 40
h. Melakukan langkah seperti point a,b, c, d, dan e.
i. Bersihkan dan rapikan kembali peralatan dan tempat kerja yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian penggunaan bahan oli SAE 30 dan oli SAE 40 terhadap temperature mesin pada masing-masing putaran *engine* dapat dilihat pada tabel beriku ini:

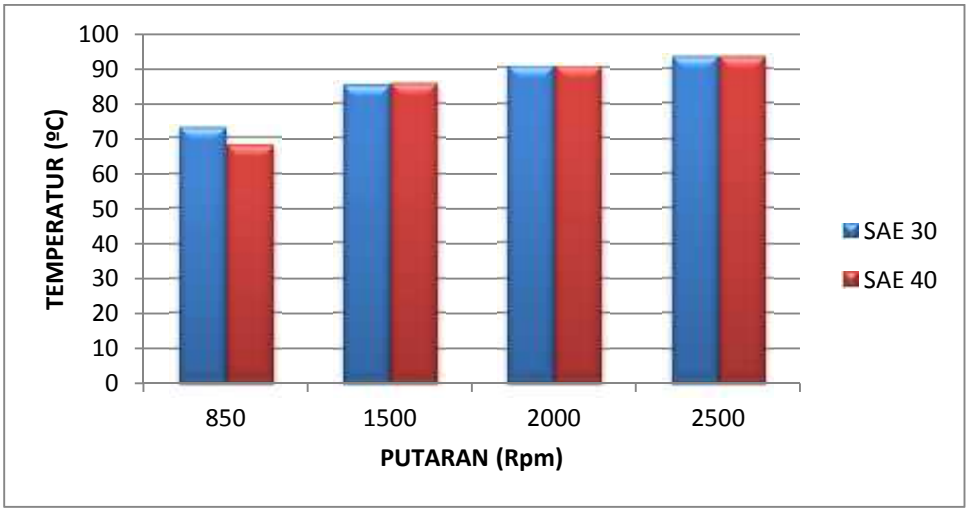
Tabel3.1 Temperatur Mesin Menggunakan Pelumas Oli SAE 30 dan Pelumas Oli SAE 40

Putaran (RPM)	Pengujian	Waktu	Temperatur Engine (SAE30)	Temperatur Engine (SAE40)
850	1	2 menit	63	61
	2		66	62
	3		70	67
	4		75	69
	5		78	70
	6		79	73
	7		80	75
1500	1	2 menit	82	82
	2		84	85
	3		85	86
	4		86	87
	5		86	87
	6		87	86

	7		86	86
2000	1	2 menit	89	89
	2		90	90
	3		90	91
	4		91	91
	5		91	91
	6		91	91
	7		91	91
2500	1	2 menit	91	91
	2		93	93
	3		94	94
	4		93	93
	5		94	94
	6		94	94
	7		94	94

Tabel 3.2 Temperatur Mesin Rata-Rata Menggunakan Pelumas Oli SAE 30 dan Oli SAE 40

PUTARAN (RPM)	TEMPERATUR (°C)	
	SAE 30	SAE 40
850	73	68.14
1500	85.14	85.57
2000	90.43	90.57
2500	93.29	93.29



Gambar 1. Grafik Temperatur Engine Menggunakan Oli SAE 30 dan Oli SAE 40

Gambar 1 menunjukkan bahwa temperature engine pada putaran terendah 850 rpm lebih tinggi dari pada oli SAE 40 (73^0C > $68,14^0$C), sedangkan pada putaran 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm temperature engine hamper sama besar yaitu pada putaran 1500 rpm (85.14^0C dan 85.57^0C); putaran 2000 rpm (90.43^0C dan 90.57^0C) dan putaran 2500 rpm (93.29^0C dan 93.29^0C). Hal ini disebabkan oleh karena pada putaran rendah 850 rpm oli SAE 40 lebih kental sehingga perubahan temperature engine lebih kecil dibanding Oli SAE 30. Pada putaran tinggi perubahan temperature engine hamper sama bahkan ada yang sama pada putaran 2500 rpm, hal ini disebabkan pada mobil yang sudah tua friksi atau gesekan lebih besar dari pada mobil yang baru sehingga dengan friksi tersebut menyebabkan perubahan temperature engine yang sama.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian Pengaruh Penggunaan Oli SAE 30 dan Oli SAE 40 Terhadap Sistem Pelumasan Engine EFI SUZUKI BALENO SY DC 1590 CC dapat disimpulkan bahwa; pada putaran terendah 850 rpm temperature engine lebih tinggi dari pada oli SAE 40 (73^0C > $68,14^0$C), sedangkan pada putaran 1500 rpm, 2000 rpm dan 2500 rpm temperature engine hampir sama besar yaitu; **p**ada putaran 1500 rpm (85.14^0C dan 85.57^0C); putaran 2000 rpm (90.43^0C dan 90.57^0C) dan putaran 2500 rpm (93.29^0C dan 93.29^0C).

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Ahmad Rif'an," PENGARUH PELUMASAN TERHADAP KEAUSAN ALUMINIUM MENGGUNAKAN MESIN TWO DISK TRIBOMETER PADA 1000 RPM" Jurnal SIMETRIS, Vol 8 No 1 April 2017 ISSN: 2252-4983

[2]. Fadhil Burhannudin Muhammad, "PADA STUDI KASUS PELUMASAN PADA GEARBOX SEPEDA MOTOR" Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2 Tahun 2015: 137-146 ISSN 2477-6041

[3]. Joko Prihartono, Petrus Barron Boinsera," ANALISA KINERJA MESIN BENSIN BERDASARKAN PERBANDINGAN PELUMAS MINERAL DAN SINTETIS" Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.

[4] Zulkifli A. Yusuf, "ANALISA PERAWATAN BERBASIS RESIKO PADA SISTEM PELUMAS KM. LAMBELU" Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) Volume 14, Nomor 1, Januari - Juni 2016

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai pelaksana kegiatan penelitian yang didanai oleh DIPA Politeknik Negeri Samarinda melalui unit P3M,saya mengucapkan banyak terimakasih.

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM APLIKASI SIMULASI VENDING MACHINE BERBASIS FINETE STATE MACHINE DAN WEB INTERFACE

Pria Gautama[1)], Sarwo Pranoto[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The aims of this research are making modeling and simulation of vending machine (VM) based on Finite State Machine (FSM) that can be applied in a web interface. Method of research by conducting literature studies, observation, and design a prototype. This vending machine are divided in to three main parts; electronics, mechanics, and power supply. In the electronics section, there is a microcontroller to run the device workflow. Then the mechanics through the DC water pump deliver drinking water to the customer's glass. Third is the power supply or electricity that can accommodate the need for electric power vending machines. This study using method control of arduino microcontroller.The design of VM was done and can be applied for making three kind of juice easily and effectively. The average time is 3 seconds to fill the cup.

Keywords: vending machine, simulation, design

1. PENDAHULUAN

Mesin penjual minuman otomatis (*vending machine*) masih sedikit kita temukan di negara-negara berkembang khususnya di Indonesia. Mesin ini sebagaian besar hanya dapat kita temukan di bandara atau di lobi hotel dan restoran mewah. Berbeda dengan negara maju khususnya Jepang yang terus mengembangkan alat vending machine (VM) ini, bahkan sampai ke wilayah-wilayah terpencilpun bisa kita temukan. Mesin ini memiliki banyak kegunaan diantaranya memudahkan konsumen atau masyarakat untuk membeli minuman tanpa harus antri di depan kasir toko, sehingga lebih cepat, praktis, bersih dan tidak membutuhkan ruangan yang luas. Prinsip kerja alat ini yakni konsumen dapat mengeluarkan minuman berdasarkan tombol yang dipilih dengan menggunakan motor serta dapat mendeteksi koin yang masuk berdasarkan sensor yang aktif. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan dan simulasi alat VM berbasis Finite State Machine (FSM) yang dapat terealisasikan berbentuk web interface. Pada penelitian ini pula akan dibuat sebuah *prototype* alat VM berskala kecil.

. Bagian dari vending machine ini yaitu bagian elektronik, mekanik dan catu daya . Pada bagian elektronik, terdapat micro controller untuk menjalankan alur kerja perangkat. Kemudian mekanik melalui pompa air DC menghantarkan air minuman ke gelas penampung . Ketiga adalah catu daya atau listrik yang dapat mengakomodir kebutuhan daya listrik vending machine. Selain itu dipasang pula coin acceptor untuk proses transaksi yaitu validasi uang pembelian (koin) serta ditambahkan counter untuk menghitung berapa jumlah gelas yang telah dikeluarkan.

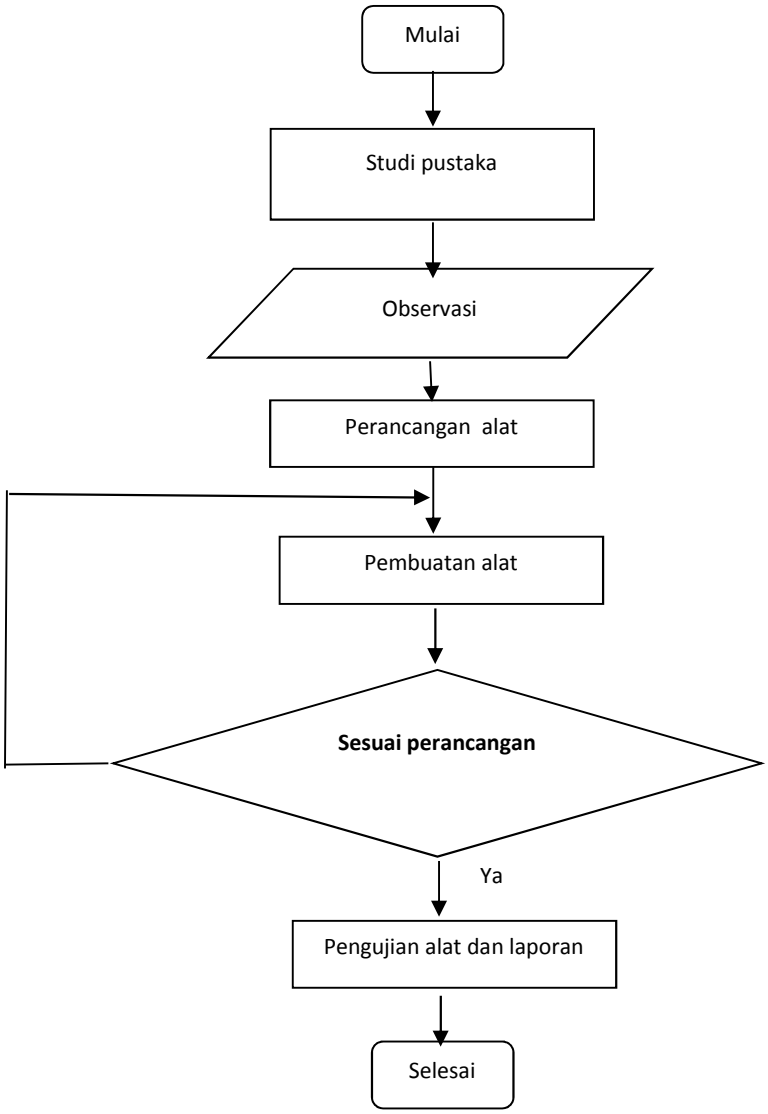
Usaha menjual minuman ringan di sekolah yang dilakukan oleh pengusaha kecil cenderung stagnan dalam hal cara penyajiannya, biasanya hanya berbekal blender, es batu dan sirup atau alat pemeras buah lalu dihidangkan. Karena itu perlu inovasi dalam hal penyajian minuman tersebut agar pembeli tidak hanya ingin menikmati minumannya tapi juga ingin mencoba sesuatu yang baru. Penggunaan mesin pembuat minuman ringan otomatis (*Vending Machine*) yang menggunakan uang koin sebagai alat transaksinya diharapkan mampu menambah daya minat pembeli khususnya bagi anak-anak sekolah

. Untuk tahapan penelitian kedepannya, alat VM yang dibuat dapat dijadikan sebagai prototype untuk pengembangan sistem ke skala yang lebih besar dan kompleks, misalnya system penukaran uang menggunakan uang kertas dan perhitungan/pemisahan pecahan uang koin yang pengaplikasiannya bisa ke bank atau supermarket.

2. METODE PENELITIAN

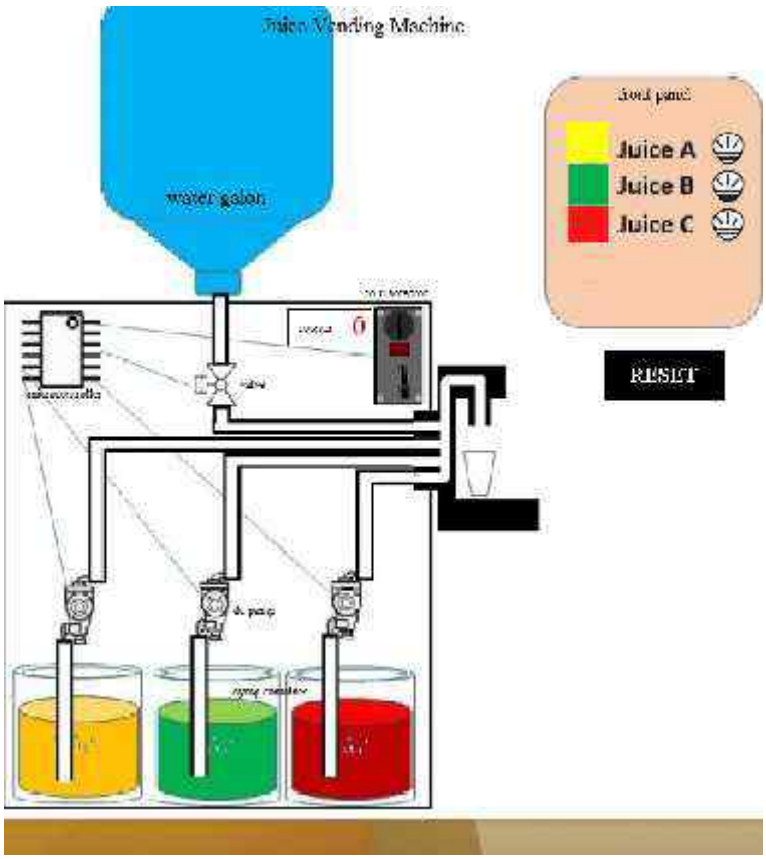
Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni studi literatur, observasi, dan rancang bangun alat.Metodologi dari penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir seperti yang ditunjukkan Gambar 1.

[1] Korespondensi penulis: Pria Gautama, Telp 082191963252, pria_gautama@poliupg.ac.id



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Studi pustaka, metode ini dilakukan dengan cara membaca literatur-literatur, teori-teori penunjang pada buku-buku referensi yang berkaitan dengan permasalahan.Teknik Observasi, pada metode ini dilakukan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data primer dan dilakukan pula beberapa percobaan. Perancangan dan pembuatan alat, metode ini dilakukan dengan rancangan simulasi alat tersebut dan jika sesuai dengan hasil teori maka dilakukan pembuatan alat. Perancangan dan pembuatan alat dapat dilihat pada pada Gambar 2



Gambar 2.Sistem vending machine minuman ringan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Luaran yang teah dihasilkan berupa alat vending machine pembuat minuman ringan. Mesin VM yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3.1. Hasil pembuatan Vending Machine

Data hasil pengujian Vending Machine

Tabel 3.1. Pengujian Vending Machine

Pengujian	*Set time* (detik)	Waktu pengisian (detik)	Volume pengisian (ml)
Juice A	2	2,75	77
Juice B	2	2,54	76
Juice C	2	2,16	70

Dari hasil tabel pengujian alat VM pada tiga variasi juice (A,B,C), diperoleh perbedaan waktu dan volume pengisian meskipun dalam pemrogramannya dilakukan pengesetan waktu yang sama yaitu 2 detik. Hal ini disebabkan karena panjang selang yang berbeda untuk setiap juice. Juice A yang terpanjang dan juice C yang terpendek. Hasili pengujian diperoleh persentase keberhasilan diatas 90%. Alat membutuhkan waktu rata-rata 3 detik untuk dapat mengisi wadah gelas.

4. KESIMPULAN

1. Kegiatan penelitian ini telah berhasil membuat alat berupa vending mesin juice dengan tiga jenis rasa.
2. Dibuuhkan waktu-rata-rata 3 detik untuk mengisi wadah gelas.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Alamsyah, Penerapan Algorotma Greedy Pada Mesin Penjual Otomatis (Vending Machine) Semarang,1991

[2] Alrehily Ashwag, Design of Vending Machine Using Finite State Machine and Visual Automata Simulator ,King Abdul Azis University , Saudi Arabia, 2015

[3] Lubis Riwandy, Teknik Pemodelan dan Simulasi Vending Machine, USU, Medan 2014

[4] Roy Biplap, Design of a Coffee Vending Machine Using Single Electron Devices, Institute of Technology and Marine Engineering, INDIA, 2010

ANALISIS VARIASI JUMLAH SUDU PADA KINCIR AIR ARUS BAWAH SEBAGAI TENAGA IRIGASI SKALA LABORATORIUM

Atus Buku[1)], Benyamin Tangaran[1)] , Herby Calvin Pascal Tiyow[2)]
[1)] *Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar*
[2)] *Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar*

ABSTRACT

Waterwheel technology for lifting water from rivers has been known for a long time by the community. However, the use of this technology is still not optimal because the lifting power of the water wheel is still small. This research is intended to study the variations in the number of blades. From the results of the study, it was found that the blades of the windmill with the number of blades 12 pieces faster than the number of blades 8 pieces. Increase the number of blades to variation with the number of blades 12 the higher the faster. When compared, with a total of 8 blades, the wheels turn slower. The maximum efficiency of water discharge (Q) carried at 8 blades is compared to 12 blades.

Keywords: *variations in the number of blades, undershot waterwheel, irrigation power*

1. PENDAHULUAN

Teknologi kincir air untuk pengangkatan air dari sungai sudah dikenal sejak lama oleh masyarakat. Namun demikian pemafaatan teknologi ini masih belum optimal antara lain, karena daya angkat kincir air yang msih kecil. Berdasarkan hasil pengamatan tim penelitan dan pengembangan (Puslitbang) Sumber Daya Alam (SDM) di berbagai daerah, tentang masalah kinerja kinjir air konvensional masih bisa ditingkatkan antara lain dengan memperbaiki bahan, dimensi dan kontruksi, atau desain pengujian telah dilaksanakan dilaboratorium penelitian dan pengenbangan (Puslitbang) sumber daya alam (SDA) dengan maksud dan tujuan antara lain : mempelajari kinerja kincir air tradisional, membuat konsep kincir air yang dapat menghasilkan debit penimbaan yang lebih besar dengan umur yang lebih lama, dan menerapkan kincir air di kalangan masyarakat dan diportipe untuk diteliti [1-3].

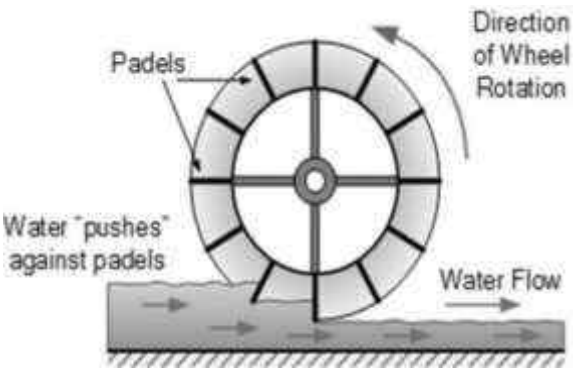
Kincir air adalah jenis kincir air yang paling kuno, sudah sejak lama digunakan dimasyarakat. Teknologinya sederhana, material yang digunakan sangat sederhana untuk membuat jenis kincir air, tetapi untuk operasih pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Prinsip kerja kincir air adalah merubah sebagian atau keseluruhan tenaga dinamik dari aliran air menjadi tenaga mekanik. Kincir air berputar pada suatu bidang datar, dimana putaran kincir terjadi akibat adanya kecepatan dan massa air yang mengenai/ menimpa sudu-sudu pada kincir sehingga kincir berputar. Kincir air merupakan sarana untuk membuat atau mengubah energi air potensial menjadi energi kinetik dimana kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang di pasang disekeliling roda [4-7].

Kincir air tradisional adalah bangunan kincir air untuk pengambilan air baku dari sumber air, terbentuk bundar yang berputar pada sumbuhnya oleh dorongan aliran air sungai guna penyedian air bagi pertanian yang dibangun oleh masyarakat atau petani secara tradisional dengan pengetahuan yang diwarisi secara turun pemurun. Bahan utama yang di gunakan ialah bahan lokal seperti kayu, bambu dan rotan [8-9].

Namun dalam kenyataan yang ada, masyarakat Indonesia khususnya di pedesaan telah menerapkan suatu teknologi yang sangat tepat guna untuk membantu proses perairan pertanian mereka yang umumnya di kenal dengan kincir air. kincir air merupakan semacam roda besar yang di lengkapi dengan timbah atau pengambil air yang terbuat dari bambu yang berputar karena aliran airyang mengenai sudu (kipas) sehingga kincir dapat berputar lalu menaikan air dari sungai atau kali ke arah pertanian yang lebih tinggi posisinya dan di manfaatkan sebagai irigasi [10].

Kincir ini digunakan agar kesejahteraan petani lebih mudah untuk mendapatkan air untuk kebutuhan persawahan mereka di Daerah janjung pati agar dapat berproduksi tanpa harus menunggu musim hujan, atau air yang di butuhkan [11].

[1] Korespondensi penulis: Atus Buku, Telp 081392116322, atus@ukipaulus.ac.id



Gambar 1. kincir air *undersho*t

Prinsip kerja kincir air *undershot* adalah kincir air yang bekerja bila air yang mengalir menghantam bagian sudu-sudu seiring dengan berputarnya lingkaran roda kincir, kemudian kincir mengambil air dari sungai dan menumpahkannya ke talang air. Selanjutnya dari talang tersebut didistribusikan mengandalkan gaya gravitasi kearah yang akan dialiri. Pada kincir air *undershot*, posisi kincir air diletakkan agak ke atas dan sedikit menyentuh air. Kemudian aliranair yang menyentuh kincir menggerakkan kincir. Dan kincir ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Disini daerah air berlawanan arah sudu yang memutar kincir [11].

Kincir *undershot* (roda aliran) merupakan kincir air roda vertikal, roda diputar oleh aliran air yang mendorong sudu-sudu dibagian bawah roda. *Undershot* berasal dari menghantam bagian bawah roda. Kincir air jenis ini dianggap kincir tertua, dan juga dianggap sebagi kincir air sederhana karena bahan yang di gunakan sangat sederhahana [12].

Keuntungan dari kincir air *undershot* yaitu: (1) tipe ini lebih efisien dan sederhana di bandingkan dengan tipe *breatshot;* (2) dapat di ap likasikandengan sumber air pada aliran datar [13]. Kerugian dari kincir air *undershot* yaitu: (1) karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak; (2) tidak dapat di terapkan untukmesin putaran yang lebih tinggi [12].

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian yang

Pompa air, Akrilik, Besi, Bak penampung air untuk sirkulasi, Pipa, Baut, Sambungan pipa, Isolasi pipa, Lem pipa, Besi plat 2 mm, Gelas ukur

Peralatan yang Digunakan untuk membuat Kincir

Mesin las, meter, gerinda, mesin bor, mistar siku

Pembuatan Kincir Air

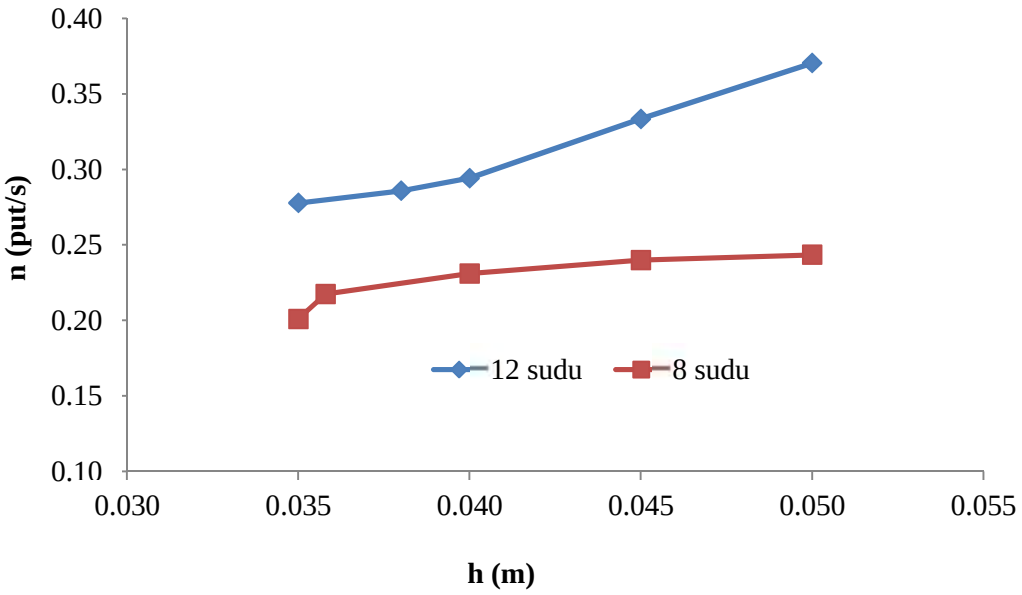
Kincir air ini mengggunakan besi plat 2 mm yang dibentuk menyerupai pelek sepeda, sedangkan sudu kincir dibuat dengan menggunakan bahan yang akrilik yang dibuat langka-langka sebagai berikut: (1) besi plat 2 mm dipotong kemudian dibentuk bundar dengan menyerupai kincir dengan diameter 44 cm sebanyak 2 buah, kemudian dari proses penyambungan menggunakan las.

Gambar 2. Kincir air Sudu Lengkung

Prosedur Pengambilan Data

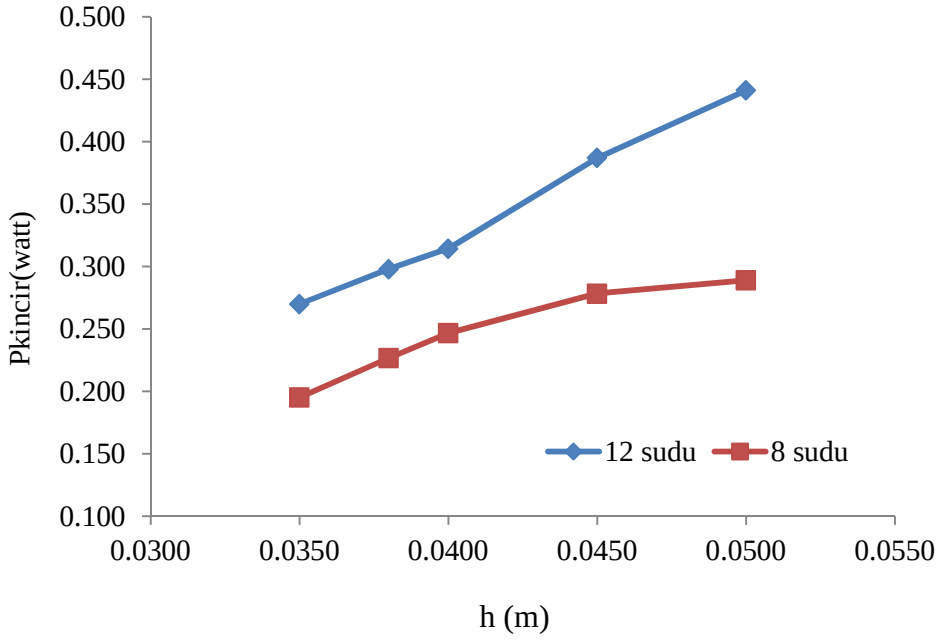
Pengambilan Data dilakukan dengan cara: (1) menyalakan pompa air; (2) mengatur tinggi bukaan pintu air sesuai dengan data yang telah ditentukan; (3) mengukur kecepatan aliran air dan putaran kincir air; (4) mengukur volume yang dihasilkan dalam satu kali putaran; (4) mengukur ketinggian air pada bak penampungan atas; (5) mencatat data pada tabel pengujian; (6) mengulang pengujian sebnyak tiga kali dalan setiap bukaan pintu air kemudian setelah pengambilan data matikan pompa dan mulai kembali dari awal jika ingin mengambil data kembali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



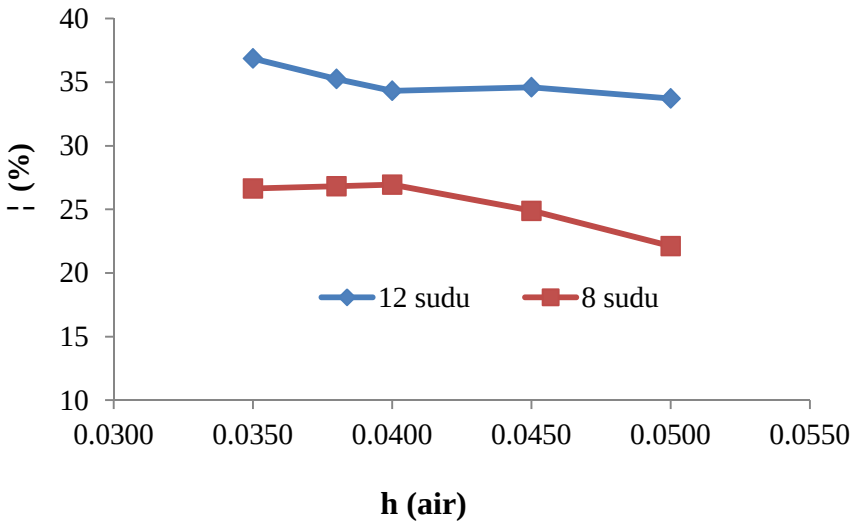
Gambar 3. hubungan tinggi air terhadap Jumlah putaran kincir.

Pada gambar 3. menunjukkan hubungan tinggi air menghantam sudu terhadap putaran kincir. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran maka putaran juga akan semakin besar. Dari dua variasi jumlah sudu diperlihatkan bahwa kincir air dengan jumlah sudu 12 memiliki kenaikan efisiensi yang lebih besair dibandingkan dengan 8 sudu ketika debit aliran meningkat.



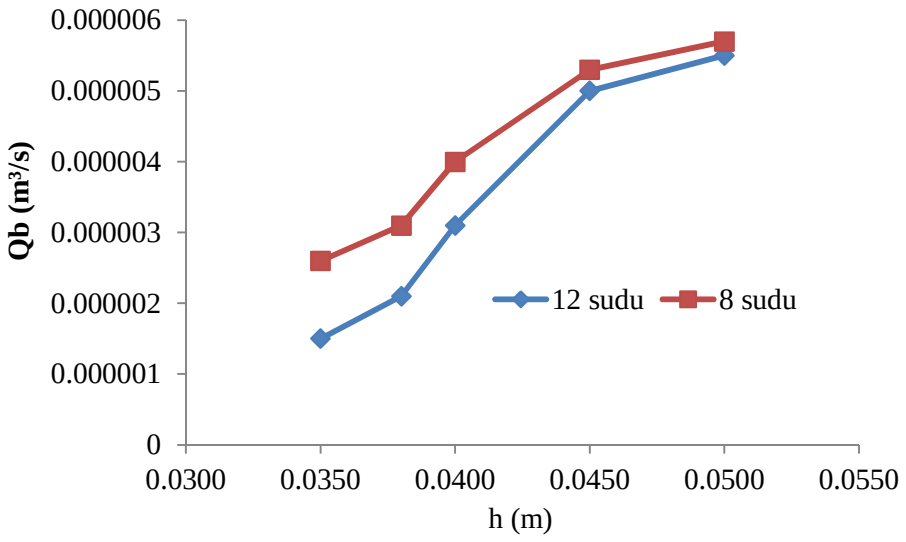
Gambar 4. grafik hubungan tinggi aliran air terhadap daya kincir

Berdasarkan grafik hubungan tinggi aliran air dengan daya kincir memperlihatkan ketika tinggi air dalam saluran meningkat maka daya kincir juga akan semakin besar, penyebab dari semakin besarnya daya kincir juga dipengaruhi oleh torsi dan kecepatan aliran yang mengalir pada saluran. Pada gambar juga diperlihatkan bahwa kincir air dengan 12 sudu memiliki daya yang lebih besar dari 6 sudu.



Gambar 5. Grafik hubungan tinggi aliran air terhadap effesiensi pada kincir.

Pada gambar 5. Memperlihatkan efesiensi kincir cenderung mengalami penuruan ketika tinggi air dalam saluran naik. Penurunan efisiensi akibat kenaikan daya kincir tidak signifikan dibanding dengan daya air. Faktor yang menyebabkan daya air meningkat yaitu debit aliran dan tinggi air yang mengalir dalam saluran.



Gambar 6. grafik hubungan tinggi air (h) terhadap debit bucket (Qb)

Pada gambar 6 grafik diatas terlihat bahwa debit air pada baket semakin meningkat seiring dengan meningkatnya dari tinggi air, dari grafik di atas dapat juga dilihat debit pada backet dengan jumlah sudu 8 buah lebih banyak bila dibandingkan dengan jumlah sudu 12 buah, ini disebabkan oleh karena putaran kincir 8 sudu lebih lambat di bandingkan dengan jumlah sudu 12.

4. KESIMPULAN

Pengaruh jumlah sudu terhadap variasi dengan jumlah sudu 12 buah dimana putaran kincir semakin cepat. Bila di bandingkan, dengan jumlah sudu 8 buah putaran kincir yang lebih lambat. Effesiensi maksimum dari debit air (Q) yang di angkut *backet* dengan jumlah sudu 8 buah yaitu 5,7500 10^6 m^3/s lebih besar di bandingkan dengan variasi jumlah sudu 12 buah. Semakin banyak jumlah sudu yang diberikan maka debit air yang di pindahkan semakin kecil yaitu 5,5000 10^6 m^3/s begitupun sebaliknya semakin sedikit jumlah sudu yang dipakai debit air (Q) yang didapatkan semakin besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1]. Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, "Membangun kincir air tipe Pusair untuk irigasi desa". Pedoman Konstruksi dan Bangunan, 10, 2004.

[2]. Dewi, P. E. "Analisa Sumbangan Nilai Ekonomi Air Pada Kincir Air Irigasi Terhadap Pendapatan Petani Dan Masyarakat Tani". Teknologi Pertanian Pada Universitas Andalas, 2011.

[3]. Maryanto, dan Rosana D. "Pelatihan Pembuatan dan Modifikasi Kincir Air Tipe Pus Air Bagi Kelompok Petani Ikan Tawar Untuk Mengatasi Kesulitan Air Pada Musim Kemarau di Daerah Air Sungai". Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, 2016.

[4]. Buku A., Irwan L. K. W., Josefine E. L., dan Herby C. P. "*A Labaratory Scale Curve Bladed Unershot Water Wheel Characteristik As An Irrigation Power*". *International Journal Of Mechanical Engineering And Teknologi* (IJMET), Volume 9 No. 9: pp.1048-1058, Oktober 2018.

[5]. Irwan L. K. W., Buku A., Josefine E. L., dan Herby C. P. "Performance of Undershot Waterwheel Curved Blade of the Laboratory Scale". Materials Science Forum, Volume 967: pp. 250-255, Agustus 2019.

[6]. Wahyudi, S., Dimas, N. C., dan Purnami. "Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar". Jurnal Rekayasa Mesin, Volume. 3, No. 2, hal. 337-342, 2012.

[7]. Sasongko, E. T., Muhajir, K., Badrawadai. G., dan Anton. "Pengaruh Laju Aliran Massa Terhadap Daya Turbin Air Francis Pada Sub Unit PLTA Jelok Semarang", Jurnal Teknologi, Vol. 1, No. 1, hal. 9-13, 2008.

[8]. Jamlay, K., Sule, L. dan Hasan, D. "Perancangan Roda Air Arus Bawah Sudu Bengkok Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro di Desa Tamangil". Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang , Vol. 6, No. 1, hal. 32-37, April 2016.

[9]. Kosjoko, "*Cross Flow As Turbine Power Plant Minihidro (PLTM) Village To Self Energy*, Info Teknik, Volume 16 No. 2, hal. 159-170, Desember 2015.

[10]. Elfiano, E., Kurnia, H., dan Apriyan, D., "Pembuatan Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik Dengan Pemanfaatan Arus Air Sungai Rokan di Desa Rantau Binuang Sakti Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau", Jurnal Untuk Mu Negeri, Vol. 1, No.2, November 2017.

[11]. Putra, A.R., Rinaldi, dan Hendri, A. "Model Laboratorium Kincir Air Untuk Irigasi Pertanian", Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau Pekanbaru, Volume 3 No. 2, hal. 1-5, Oktober 2016.

[12]. Oktoviana, G. "Irigasi Sawa Menggunakan Kincir Air Di Daerah Tanjung Pati", Jurnal Teknologi Pertanian Pada Politeknik Pertanian Negeri Payakunbuh, Volume 1, No. 4, hal. 103-107, September 2016.

[13]. Sukasih, O. H., Arifin D., dan Helmi H. "Analisa Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Ailiran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim)". Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan Pada Universitas Sriwijaya, Volume. 1, No. 1, hal. 1-4, Desember 2013.

[14]. Sihaloho, dan Dedek, L."Rancang Bangun Alat Uji Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunkan Turbin Aliran Silang". Fakultas Teknik Unuversitas Lampung, Bandar Lampung, 2017.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada kepada Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dana dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian.