EFEK PENURUNAN MUKA AIR TANAH TERHADAP INTRUSI AIR LAUT DI KABUPATEN JENEPONTO

Sugiarto Badaruddin[1)], Akhmad Azis[1)], Indra Mutiara[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRAK

Ground water which is a renewable natural resource currently has an important role in providing clean water for various human needs. As a result of the increasing need for clean water that is in line with the increase in population has caused excessive groundwater exploitation and one of the impacts is a decrease in groundwater level. A further consequence of this groundwater level decline is the occurrence of sea water intrusion (SWI) which damages the quality and quantity of groundwater in aquifers. The purpose of this study was to determine the influence of groundwater decline on sea water intrusion that occurred in Jeneponto Regency based on data obtained from the field and secondary data and then simulated in a numerical model. It was found that groundwater level decline gives the maximum effect in increasing the SWI on Binamu2 aquifer. Within 100 years after groundwater decline, SEAWAT numerical simulation estimated an increase in the value of SWI by 43% from the initial condition, which is 642 m in the Binamu2 aquifer, while for the Binamu1 aquifer, Arungkeke 1 and Arungkeke 2, the values were 559 m, 272 m, and 300 m, respectively. It can be seen that it takes quite a long time for seawater to intrude freshwater in the aquifer for each scenario of groundwater level decline. This is most likely due to the sufficiently thick aquifer conditions from each observation location that support the aquifer's ability to resist intrusion. In addition, the relatively small hydraulic conductivity value also helps to slow the occurrence of SWI so that it takes longer for sea water intrusion to reach steady-state conditions.

Keywords*: Groundwater decline, seawater intrusion, Numerical Modelling*

1. PENDAHULUAN

Air tanah yang merupakan sumberdaya alam terbarukan (renewable natural resources) saat ini telah memainkan peran penting seperti halnya air permukaan pada penyediaan pasokan kebutuhan air bagi berbagai keperluan sehingga menyebabkan terjadinya pergeseran nilai terhadap air tanah itu sendiri. Mengingat peran air tanah semakin penting, maka pemanfaatan air tanah harus didasarkan pada keseimbangan dan kelestarian air tanah itu sendiri, atau dengan kata lain pemanfaatan air tanah harus berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Air tanah merupakan salah satu pilihan sumber air yang dapat dikembangkan pemakaiannya dalam jumlah besar, namun jumlahnya tidak bisa mendekati atau melebihi besarnya air yang masuk ke dalam tanah. Pemanfaatan air tanah dalam haruslah sesuai daya dukung akuifer setempat yang penggunaannya diatur dengan perangkat kebijakan yaitu Undang-undang Sumber Daya Air No.7 Tahun 2004, Peraturan Pemerintah No.43 Tahun 2008 tentang Air Tanah serta Peraturan Daerah.

Dalam sepuluh tahun terakhir ini telah terjadi pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di dunia, dan hal tersebut menyebabkan eksploitasi air bawah tanah terus meningkat dengan pesat. Gejala ini telah menyebabkan dampak negatif terhadap kuantitas maupun kualitas air tanah, antara lain penurunan muka air tanah, fluktuasi yang semakin besar serta penurunan kualitas air tanah, serta terjadinya intrusi air laut (IAL) di beberapa wilayah. Dengan demikian perlu dilakukan upaya nyata dan terpadu untuk meminimalkan dampak negatif tersebut, baik oleh pemerintah, masyarakat maupun swasta.

Berdasarkan sejarahnya, terjadinya IAL umumnya diakibatkan oleh pemompaan air tanah yang berlebihan atau pengambilan air tanah di daratan dan hal ini bisa menyebabkan kehilangan yang signifikan pada ketersediaan air tanah di dalam aquifer pantai di seluruh dunia [1-3]. Meskipun demikian, efek perubahan iklim (misalnya kenaikan muka air laut dan penurunan jumlah imbuhan air tanah) bisa juga menyebabkan terjadinya IAL [4]. Oleh sebab itu, kerentanan akuifer pantai terhadap perubahan iklim, peningkatan volume pemompaan air tanah dan kenaikan muka air laut harus dipertimbangan secara integral dalam investigasi manajemen air tanah.Pada satu dekade terakhir ini telah terjadi pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di seluruh dunia termasuk di Indonesia, dan hal tersebut menyebabkan eksploitasi air bawah tanah terus meningkat dengan pesat [5]. Fenomena ini telah menyebabkan dampak negatif terhadap kuantitas maupun kualitas air tanah, antara lain penurunan muka air tanah, fluktuasi yang semakin besar serta penurunan kualitas air tanah, serta terjadinya

[1]Korespondensi penulis: Sugiarto Badaruddin, Telp: 082291300808, sugibadaruddin@poliupg.ac.id

intrusi air laut (IAL) di beberapa wilayah. Dengan demikian perlu dilakukan upaya nyata dan terpadu untuk meminimalkan dampak negatif tersebut, baik oleh pemerintah, masyarakat maupun swasta.

Dalam penelitian ini, kami mengaplikasikan pemodelan numerik untuk melihat pengaruh penurunan muka air tanah terhadap IAL di dua kecamatan di Kabupaten Jeneponto. Kabupaten Jeneponto adalah salah satu kabupaten di Sulawesi Selatan Indonesia yang posisinya berada di tepi laut dan sangat memungkinkan untuk mengalami proses IAL karena air tanah di kabupaten tersebut sudah lama digunakan untuk keperluan domestik dan irigasi. Untuk pertama kalinya, metode analitis dan metode numerik 2 dimensi diaplikasikan dalam mengetahui pengaruh penurunan muka air tanah terhadap intrusi air laut di Kabupaten Jeneponto. Dengan melihat kondisi yang ada di Kabupaten Jeneponto yang sudah lama menggunakan air tanah (khususnya untuk keperluan pertanian dan domesik) (Syamsuddin et al., 2009), maka dibutuhkan pelaksanaan penilaian mengenai pengaruh penurunan muka air tanah terhadap IAL di daerah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tahap persiapan, pengambilan data primer, data sekunder, pengolahan data, dan pembahasan. Penelitian dilakukan di 2 (dua) Kecamatan (Kec. Binamu dan Kec. Arungkeke) di Kabupaten Jeneponto. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa data hasil pengukuran muka air tanah dan foto-foto singkapan tanah di lokasi penelitian, sedangkan data sekunder berupa data-data penelitian terdahulu yang mendukung tercapainya tujuan penelitian ini, antara lain data hidrologi dan hidrogeologi di daerah penelitian. Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan pemodelan 2D (dua dimensi) dengan memakai program SEAWAT yang digunakan untuk pemodelan aliran dengan variasi kepadatan dan transportasi larutan. Program ini menggunakan metode beda hingga yang dapat dipergunakan hanya untuk aliran dengan kondisi jenuh air. Deskripsi metode numerik dan persamaan yang dipakai dalam SEAWAT dapat dilihat di Guo and Langevin (2002) dan Langevin et al. (2008).

Hasil penelitian dari Badaruddin et al. (2018) dijadikan sebagai data awal dalam pemodelan numerik. Berdasarkan hasil penelitian dari Badaruddin et al. (2018), berikut pada Tabel 1 disajikan data tinggi muka air di 4 (empat) titik pengamatan di masing-masing kecamatan Binamu dan Kecamatan Arungkeke di Kabupaten Jeneponto dan berdasarkan hasil penelitian Syamsuddin et al. (2009), disajikan pula data besar penurunan muka air tanah untuk ke empat lokasi tersebut. Untuk meningkatkan reliabilitas penggunaan hasil penelitian Syamsuddin et al. (2009), hanya 50% dari besar nilai penurunan muka air tanah dari penelitian tersebut yang digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan data pengamatan muka air yang diperoleh dari Badaruddin et al. (2018), diketahui bahwa muka air tanah di lokasi pengamatan cukup variatif yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi tanah yang heterogen. Dalam penelitian ini, heterogenitas tanah di lokasi studi diabaikan karena dibutuhkan dana yang cukup besar untuk mendapatkan data-data tersebut. Secara detail, data heterogenitas tanah dapat diperoleh dengan menggunakan survey geofisika dan bor dalam (standard penetration test) yang dilakukan di beberapa titik di daerah penelitian.

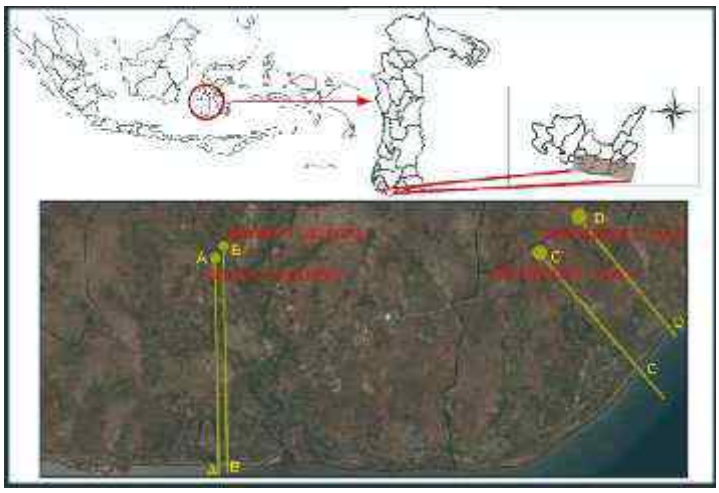
Tabel 1. Tinggi muka air dan penurunan muka air di lokasi pengamatan (muka air tanah/MAT dihitung dari muka air laut/MAL)

Kode	Kecamatan	Koordinat		Elevasi MAT dari MAL	Besar penurunan MAT (Syamsuddin et al. (2009)
		Lintang	Bujur	(m)	(m)
Binamu1/SDJP273	Binamu	5°39’25’’	119°43’52’’	3.6	2.1
Binamu2/SDJP54	Binamu	5°39’33.5’’	119°43’46’’	2	2.1
Arungkeke1/AK1/TP1	Arungkeke	5°39’28.7’’	119°47’42’’	9.5	3.5
Arungkeke2/AK2/TP2	Arungkeke	5°39’2.4’’	119°48’10’’	8.7	3.5

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konseptualisasi dan Parameterisasi Model Daerah Penelitian

Dalam penelitian ini, analisa IAL dilakukan pada 4 (empat) potongan melintang yang tersebar di lokasi-lokasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan hanya pada kondisi tunak (steady-state). Karena keterbatasan data hidrologi dan hidrogeologi yang tersedia (misalnya stratigraphi tanah, recharge dan tampungan spesifik), maka penyederhanaan dilakukan pada beberapa data hidrogeologi tetapi tetap mempertimbangkan data-data sekunder dari penelitian terdahulu. Karena belum ada data boring log detail yang bisa memberikan deskripsi kondisi stratigrafi lapsan tanah di daerah lokasi penelitian secara komprehensif, maka diasumsikan bahwa tipe aquifer di lokasi penelitian adalah aquifer tidak tertekan (unconfined aquifer) dengan mempertimbangkan tidak adanya sumur artesis di sekitar lokasi. Tabel 2 memberikan data-data hidrogeologi yang digunakan dalam analisa IAL pada penelitian ini.



Gambar 1. Peta garis pengamatan IAL (garis pengamatan ditunjukkan dengan garis kuning).

Tabel 2. Data hidrogeologi lokasi penelitian yang digunakan dalam pemodelan.

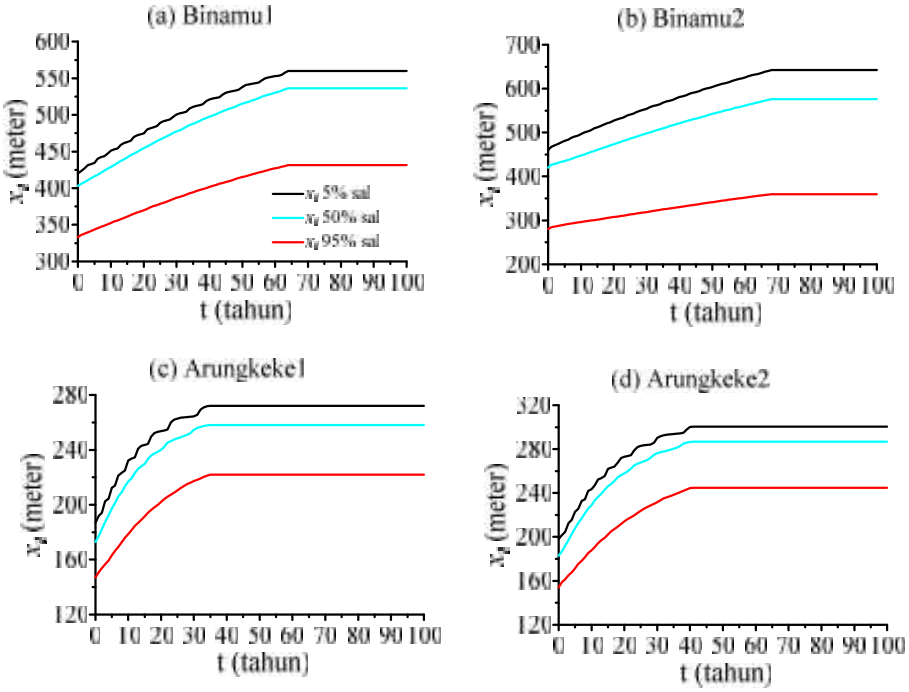
Parameter	Kasus			
	Binamu1	Binamu2	Arungkeke1	Arungkeke2
K (m/d)	5.80	5.80	5.80	5.80
h_s (m)	68	68	64	64
MAT Awal h_{f0} (m)	3.6	2.0	9.5	8.7
MAT Akhir h_{f1} (m)	1.5	-0.1	6	5.2
x_f (m)	5000	4800	3300	3200
n (-)	0.46	0.46	0.46	0.46
S_y (-)	0.32	0.32	0.32	0.32
$\sim_L$ (m)	1	1	1	1
$\sim_T$ (m)	0.1	0.1	0.1	0.1
D_m (m^2/d)	8.6×10^{-5}	8.6×10^{-5}	8.6×10^{-5}	8.6×10^{-5}
¢ (-)	0.025	0.025	0.025	0.025
W_{net} (mm/y)	56.70	56.70	56.70	56.70

Konsep aquifer dari keempat lokasi penelitian yang digunakan dalam model SEAWAT diasumsikan sebagai aquifer terpisah untuk aquifer Binamu1, Binamu2, Arungkeke1 dan Arungkeke2 dan dimodelkan dalam dua dimensi dan potongan melintang tegak lurus ke arah pantai. Dalam penelitian ini, semua kondisi batas diasumsikan sebagai kondisi “head controlled” (kondisi batas Dirichlet untuk kontrol tinggi energi) (Werner et al., 2012) dan tinggi energinya dianggap tetap. Domain model didiskritisasi secara seragam dalam melakukan simulasi “steady-state” dan “transient” untuk keempat aquifer, di mana untuk aquifer Binamu1 menggunakan 500 kolom vertikal dengan lebar 10 m dan 76 lapisan horizontal dengan tebal 1 m, aquifer Binamu2 menggunakan 480 kolom vertikal dengan lebar 10 m dan 76 lapisan horizontal dengam tebal 1 m, aquifer Arungkeke1 menggunakan 330 kolom vertikal dengan lebar 10 m dan 78 lapisan horizontal dengan

tebal 1 m, sementara aquifer Arungkeke2 menggunakan 320 kolom vertikal dan 78 lapisan horizontal dengan tebal 1 m. Diskritisasi ini konsisten dengan Peclet number lebih kecil dari 4, yang direkomendasikan oleh Voss and Souza (1987) untuk mereduksi osilasi numerik. Kondisi "tinggi energy tertentu" diasumsikan pada kondisi batas muka air tanah di daratan dan kondisi "konsentrasi konstan" diasumsikan pada kondisi batas daerah pantai, dengan konsentrasi air laut sebesar 35 kg/m^3. Preconditioned Conjugate-Gradient 2 (PCG2) and General Conjugate Gradient (GCG) berturut-turut digunakan sebagai solusi untuk persamaan aliran dan transportasi larutan. Skema differensial hingga digunakan untuk solusi adveksi dengan nomor Courant sebesar 0.75. Penggunaan nomor Courant lebih kecil atau sama dengan 1 biasanya dibutuhkan untuk membatasi terjadinya disperse numerik dalam rangka mencapai hasil yang lebih akurat (Zheng and Bennet, 2002).

3.2. Efek penurunan muka air tanah terhadap IAL dari pemodelan numerik SEAWAT

Gambar 3 menunjukkan kondisi IAL yang terjadi pada keempat akuifer yang diteliti dimana posisi intrusinya ditunjukkan dengan menggunakan tiga nilai isochlor yaitu 5%, 50% dan 95%. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, besar nilai x_t untuk nilai isochlor 5% yang diperoleh untuk aquifer Binamu1, Binamu2, Arungkeke1 dan Arungkeke2 yaitu setelah 100 tahun sejak penurunan muka air tanah adalah 559 m, 642 m, 272 m, dan 300 m berturut-turut. Besar nilai x_t untuk nilai isochlor 50% yang diperoleh untuk aquifer Binamu1, Binamu2, Arungkeke1 dan Arungkeke2 yaitu setelah 100 tahun sejak penurunan muka air tanah adalah 536 m, 576 m, 258 m, dan 287 m berturut-turut. Sedangkan besar nilai x_t untuk nilai isochlor 95% yang diperoleh untuk aquifer Binamu1, Binamu2, Arungkeke1 dan Arungkeke2 yaitu setelah 100 tahun sejak penurunan muka air tanah adalah 431 m, 359 m, 222 m, dan 245 m berturut-turut. Bisa diamati pula bahwa terjadi daerah pencampuran yang cukup besar antara air tawar dan air laut pada setiap kasus yang diamati. Dibanding dengan akuifer yang lain, bisa dilihat bahwa tingkat IAL terbesar tetap terjadi di akuifer Binamu2, dan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya dari Badaruddin et al. (2018) dimana nilai IAL pada akuifer ini meningkat sebesar 43% dari kondisi 'steady-state" awal.



Gambar 2. Hasil simulasi numerik SEAWAT untuk prediksi pergerakan IAL akibat penurunan muka air tanah pada (a) aquifer Binamu1, (b) aquifer Binamu2, (c) aquifer Arungkeke1, dan (d) aquifer Arungkeke2, dalam jangka waktu 100 tahun.

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa sejak penurunan muka air tanah, terjadi perbedaan untuk setiap kasus intrusi untuk mencapai kondisi 'steady-state" kedua. Dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan untuk kasus Binamu1, Binamu 2, Arungkeke1, dan Arungkeke 2 untuk mencapai kondisi steady-state yang kedua adalah masing-masing 65 tahun, 71 tahun, 35 tahun, dan 40 tahun. Dibutuhkan waktu yang lebih lama bagi

akuifer Binamu1 dan Binamu 2 untuk mencapai kondisi “steady-state” kedua karena disebabkan perbedaan head yang cukup kecil antara muka air tanah akhir dengan muka air laut. Perbedaan head yang kecil ini selain menyebabkan terjadinya peningkatan nilai IAL, hal ini juga mempengaruhi waktu IAL mencapai kondisi stabil. Di samping itu, nilai konduktivitas hidrolik yang relative kecil juga sangat berpengaruh terhadap laju IAL di setiap kasus yang diamati.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan memiliki pesisir pantai yang sangat panjang dan sangat potensial untuk mengalami intrusi air laut. Salah satu wilayah yang memiliki garis pantai yang cukup panjang di provinsi ini adalah Kabupaten Jeneponto. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa tingkat intrusi air laut wilayah di Kabupaten Jeneponto, khususnya di daerah yang diamati dalam penelitian ini (Kecamatan Binamu dan Arungkeke) tergolong masih relatif aman.

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa efek penurunan muka air tanah berpengaruh cukup besar terhadap intrusi air laut yang terjadi wilayah Kabupaten Jeneponto. Dari seluruh lokasi yang diamati, penurunan muka air tanah memberikan pengaruh paling besar pada peningkatan nilai IAL di Akuifer Binamu2 yaitu meningkat sebesar 43% dari posisi intrusi air laut semula. Adapun besar nilai x_t untuk nilai isochlor 5% yang diperoleh dari smulasi numerik adalah untuk aquifer Binamu1, Binamu2, Arungkeke1 dan Arungkeke2 yaitu setelah 100 tahun sejak penurunan muka air tanah, nilainya adalah 559 m, 642 m, 272 m, dan 300 m berturut-turut.

Pemodelan numerik juga menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk setiap kasus yang diamati bagi intrusi air laut mencapai kondisi steady-state setelah peristiwa penurunan muka air tanah. Pemodelan menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk kasus Binamu1, Binamu 2, Arungkeke1, dan Arungkeke 2 untuk mencapai kondisi steady-state yang kedua adalah masing-masing 65 tahun, 71 tahun, 35 tahun, dan 40 tahun. Dibutuhkan data lapangan yang lebih banyak, khususnya data lapisan tanah dan air tanah untuk menunjang hasil penelitian yang lebih akurat dan kompleks dalam penelitian ini.

4.2. Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beberapa parameter yang berbeda dengan yang digunakan dalam penelitian ini, misalnya heterogenitas tanah dan tutupan lahan dan demikian pula dengan data penggunaan air tanah di daerah penelitian agar memungkinkan untuk melakukan prediksi IAL sampai beberapa ratus tahun ke depan dengan berdasarkan pada kondisi eksisting yang ada.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Badaruddin, A. D. and e. a. Werner, "Water table salinization due to seawater intrusion," *Water Resources Research,* 2015.

[2] FAO, *Seawater intrusion in coastal aquifers: Guidelines for study, monitoring and control*. Rome, Italy: FAO Water Reports no. 11. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 1997.

[3] M. S.S., S. Badaruddin, and S. Khatibi, "Abstraction, desalination and recharge method to control seawater intrusion into unconfined coastal aquifers," *Global Journal of Environmental Science and Management,* vol. 5, pp. 107-118, 2019.

[4] V. Post, "Fresh and saline groundwater interaction in coastal aquifers: Is our technology ready for the problems ahead? ," *Hydrogeology Journal* vol. 13, pp. 120-123, 2005.

[5] A. Azis, S. , Z. Badaruddin, M. T. I. Faisal, and H.A. Hasanuddin, "Numerical model on the application of sand columns in recharge reservoir. ," *Groundwater for Sustainable Development,* vol. 8, 2019.

KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH-SLAG

Syamsul Bahri Ahmad[1)], Jhon Asik[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Geopolymer mortar is a mortar with the main binder as a waste material containing silica and alumina compounds using an alkaline solution as a polymerization activator. This study aims to determine the compressive strength of fly ash-based geopolymer mortar class C with the morality of 12M and 16M NaOH solution, the ratio of Na2SiO3 to NaOH is 1, the ratio of binder to natural sand and slag sandis 1: 1.5:1.5 and the flow value (110 ± 5)%. This result is higher than the compressive strength values of geopolymer GPS-NaOH 12M and GPS-NaOH 16M with compressive strength values of 6.01 MPa and 4.86 MPa, respectively. Thus, it can be concluded that conventional mortars include type S mortars and GPS-NaOH 12M geopolymer mortars including type N mortars and GPS-NaOH 16M geopolymer mortars including type O mortars based on SNI 03-6882-2002.

Keywords: *Geopolymer mortar, conventional mortar, type of mortar and compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan material pengganti sebagian semen saat ini dalam pelbagai riset telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan sejumlah limbah pertanian maupun limbah industri yang diketahui mengandung unsur dan senyawa kimia yang bersifat sebagai semen. Beberapa jenis limbah tersebut yang dikenal sebagai *pozzolanic / cementitious materials* antara lain abu sekam padi, fly ash, silica fume dan slag. Pemanfaatan material ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk meminimalkan kuantitias dari sejumlah limbah dan mengurangi efek *greenhouse gases* yang ditimbulkan dari produksi semen.

Perkembangan terbaru teknologi mortar dan beton, dewasa ini telah dikembangkan bahan pengikat agregat yang tidak menggunakan semen yang dikenal dengan nama *geopolymer* [1,2]. Geopolimer merupakan binder yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi unsur Silika dan Alumina dengan aktivator larutan alkalin. Komponen utama dari geopolimer ini adalah adanya senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 yang tinggi dalam material dengan larutan alkalin NaOH atau KOH sebagai aktivator polimerisasi.

Dalam dekade 10 tahun terakhir sejumlah penelitian dalam produksi mortar dan beton menggunakan binder geopolimer yang dikenal sebagai mortar geopolimer dan beton geopolimer telah dilakukan. Pengembangan kuat tekan mortar geopolimer dengan material Fly ash, Slag, Silika fume dan abu batu dengan metode perawatan suhu kamar (*ambienth curing*) telah diinvestigasi [3]. Mereka menyimpulkan bahwa kuat tekan mortar berkembang pada temperatur suhu kamar tanpa perawatan konvensional. Investigasi terhadap karakteristik mekanik dan mikro struktur mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan metode perawatan suhu kamar juga telah dilakukan oleh Al-Majid dkk. (2016) [4], mereka menyimpulkan bahwa perawatan mortar berbasis fly ash yang memerlukan suhu tinggi dapat diatasi dengan mengganti sebagian fly ash dengan slag. Hasil kuat tekan menunjukkan peningkatan dari mortar berbasis fly ash-slag dibandingkan dengan mortar geopolimer berbasis fly ash. Kinerja mekanik dan rheologi mortar geopolimer dan beton ringan berbasis fly ash-slag akibat perbedaan variabel campuran, temperatur perawatan, mikro struktur beton ringan geopolimer dan konsentrasi larutan alkalin telah dikaji oleh Ismail dkk. (2018) [5]. Mereka menyimpulkan bahwa secara umum mortar geopolimer berbasis fly ash-slag menunjukan kinerja yang lebih baik. Mortar geopolimer berbasis fly ash-slag dengan variabel rasio fly ash-slag, molaritas NaOH dan rasio Sodium silicate dan air juga telah diinvestigasi oleh Kim dkk. (2012) [6]. Hasil penelitian mereka menunjukkan mortar geopolimer 100% slag memberikan nilai kuat tekan mortar yang lebih tinggi.

Dalam kaitan dengan material utama dari mortar geopolimer dan beton geopolimer, Sulawesi Selatan memiliki potensi untuk mengembangkan mortar geopolimer maupun beton geopolimer. Hal ini karena material utama yang dibutuhkan yaitu fly ash, dapat diperoleh dari pembangkit listrik tenaga uap Punagaya di

[1] Korespondensi penulis: Syamsul Bahri Ahmad, 082348759942, syamba_68@yahoo.co.id

Jeneponto dan slag nikel yang dapat diperoleh di PT Vale di Sorowako Sulawesi Selatan. Data yang tersedia terkait fly ash dan slag sebagai material utama binder dalam pembuatan mortar geopolimer masih terbatas dan pedoman yang baku dalam perencanaan campuran belum ada. Hal ini karena faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik geopolimer cukup kompleks dan kandungan unsur-unsur atau senyawa dan *properties* dari material utama fly ash dan slag berbeda-beda pada setiap sumber. Oleh karena itu penelitian terhadap penggunaan fly ash sumber PLTU Punagaya Jeneponto dan slag sumber PT Vale Sorowako sebagai binder dalam pembuatan mortar geopolimer berbasis limbah industri perlu dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan studi eksperimental terhadap sejumlah benda uji mortar geopolymer ukuran 5cmx5cm dan mortar konvesional sebagai mortar referensi. Penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sebelum pembuatan pembuatan benda uji terlebih dahulu akan dilakukan pemeriksaan karakteristik bahan yang akan digunakan dengan mengacu pada standar ASTM [7]. Perawatan mortar dilakukan sesuai metode yang berlaku dengan pelbagai umur rencana pengujian kuat tekan. Metode pengujian kuat tekan mortar mengacu pada Standar yang berlaku SNI 03-6825-2002 [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pengujian karakteristik bahan

Hasil uji karakteristik agregat diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik pasir

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar[9]	Keterangan
1.	Kadar air pasir	3.2 %	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	1.48 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	2,42	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1,58 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	2,26 %	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	2,9	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

Tabel 2. Karakteristik Pasir Slag PT.Vale

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar[9]	Keterangan
1.	Kadar air pasir	1.57	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	1.07	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	3.10	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1.74	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	1,16	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	4.17	2,2 - 3,10	ASTMC136	Tidak Memenuhi

3.2. Komposisi campuran

Berdasarkan hasil perhitungan rancangan campuran mortar, maka komposisi campuran mortar diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi campuran mortar 1:1.5:1.5 dengan rasio air : fly ash = 0.4

Uraian	Semen (kg/m^3)	Fly Ash (kg/m^3)	Pasir (kg/m^3)	Pasir Slag (kg/m^3)	NaOH (kg/m^3)	Na2 SiO3 (kg/m^3)	Air (kg/m^3)	Molar NaOH	Flow (%)
Mortar konvensional	436.758	-	1590	-	-	-	327.568	-	117
Mortar geopolimer	-	471.6981	900	1018.8679	94.3396	94.33962	235.849	12M	116
Mortar geopolimer	-	471.6981	900	1018.8679	94.3396	94.33962	235.849	16M	117

3.3. Hasil pengujian kuat tekan mortar

3.3.1 Kuat tekan mortar konvensional (MK)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 12.47 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

3.3.2. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 12M (MG12)

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer MG12 pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 6.01 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe N berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 5.20 Mpa.

Tabel 4. Kuat Tekan Mortar Konvensional 1:3

No	Berat (gram)	Luas (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat Rata-rata (gram)	Kuat Tekan Rata-rata Mpa
1	220	2500	33.40	13.36	228.83	12.47
2	220		35.80	14.32		
3	240		33.90	13.56		
4	230		30.00	12.00		
5	210		33.10	13.24		
6	230		32.70	13.08		
7	235		27.30	10.92		
8	228		32.10	12.84		
9	231		36.50	14.60		
10	233		25.70	10.28		
11	235		26.40	10.56		
12	234		27.20	10.88		

Tabel 5. Kuat Tekan Mortar Geopolymer Pasir-Slag NaOH 12M (GPS-NaOH 12M)

No	Berat (gram)	Luas (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat Rata-rata (gram)	Kuat Tekan Rata-rata Mpa
1	270	2500	15.20	6.08	253.75	6.01
2	250		14.40	5.76		
3	240		14.80	5.92		
4	250		16.70	6.68		
5	260		15.30	6.12		
6	250		14.90	5.96		
7	255		14.30	5.72		
8	260		15.20	6.08		
9	250		14.70	5.88		
10	255		15.10	6.04		
11	255		15.00	6.00		
12	250		14.80	5.92		

3.3.3. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 16M (GPS-16M)

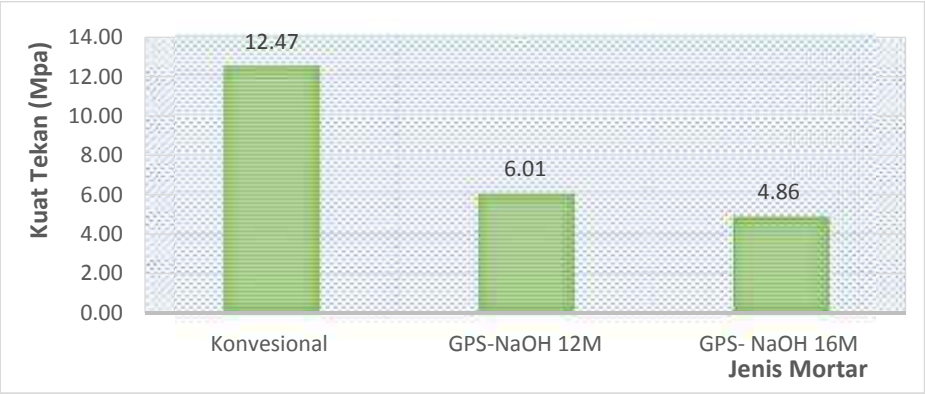
Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer GPS-16M pada umur 28 hari diperlihatkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 6 tersebut terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 4.86 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 2.40 Mpa.

Tabel 6. Kuat Tekan Mortar Geopolymer Pasir-Slag NaOH 16M (GPS-NaOH 16M)

No	Berat (gram)	A (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat rata-rata (gram)	Kuat tekan rata-rata (Mpa)
1	290	2500	13.40	5.36	280.42	4.86
2	280		11.70	4.68		
3	280		11.90	4.76		
4	270		11.00	4.40		
5	290		12.40	4.96		
6	270		11.90	4.76		
7	274		12.20	4.88		
8	282		12.70	5.08		
9	278		12.30	4.92		
10	283		11.90	4.76		
11	285		12.50	5.00		
12	283		12.00	4.80		

3.4. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 dapat dibuat histogram nilai kuat tekan mortar seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar konvesional 1:3 memiliki nilai kuat tekan sebesar 12.47 Mpa. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar MG12 dan MG16 dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 6.01 Mpa dan 4.86 Mpa. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa mortar konvesional termasuk jenis mortar tipe S, mortar geopolimer GPS-NaOH 12M termasuk jenis mortar tipe N dan GPS-NaOH 16M termasuk jenis mortar tipe O serta berdasarkan SNI 03-6882-2002 .



Gambar 1. Histogram kuat tekan mortar

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan yaitu :

1. Mortar konvensional komposisi 1:3 dengan kuat tekan sebesar 12.47 Mpa termasuk jenis mortar tipe S.

2. Mortar geopolimer pasir-slag GPS-NaOH 12M dan GPS-NaOH 16M menghasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 6.01 Mpa dan 4.86 Mpa sebagai mortar tipe O.
3. Mortar geopolimer pasir-slag GPS-NaOH 12M menghasilkan kuat tekan 6.01 sebagai mortar tipe N

4.2. Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan molaritas NaOH ditambah dan dengan waktu curing yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Davidovits, "Chemistry of geopolymeric systems, terminology", *'99 Geopolymer International Conference Proceeding*, France, 1999.

[2] J. Davidovits, "Geopolymer Cement a review", published in Geopolymer Science and Technics, Technical Paper #21, Geopolymer Institute Library, www.geopolymer.org [Diakses: 2013].

[3] G.S. Manjunath, dkk. "Compressive Strength Development in Ambient Cured Geo-polymer Mortar ", International Journal of Earth Sciences and Engineering ISSN 0974-5904, Volume 04, No 06 SPL, October 2011, pp. 830-834, 2011.

[7] ASTM C230/C230M-08, "Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement " ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

[8] Standar Nasional Indonesia, SNI 03-6825-2002, "Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil "Badan Standardisasi Nasional BSN ICS.27.180.

[9] ASTM C 33-97 : "Standard Test Method for Concrete Agregates", Annual Book of ASTM Standars, Philadelpia, Vol. 04.02.

ANALISIS KEKUATAN TEKAN PAVING BLOCK YANG MENGGUNAKAN BAHAN PENGGANTI KAWAT BENDRAT

Bustamin Abd. Razak[1,a], Haeril Abdi Hasanuddin[2,a]
[1)]*Dosen Politeknik Negeri Ujung Pandang, Teknik Sipil*
[2)]*Dosen Politeknik Negeri Ujung Pandang) Teknik Sipil*

ABSTRACT

This research was conducted to obtain information about Paving Block which in its manufacture uses added material Bendrat wire fiber which aims to increase the compressive strength of the Paving Block. This study used a laboratory experimental method where after 1.5 cm of bendrat wire was cut to be mixed with a mixture of paving blocks in the percentage of 3%, 5% and 7% of the total mixture weight. From the results of the study, it was found that the addition of 3% bendrat wire fiber obtained the Optimum compressive strength of 22.15 MPa which was included in the B. Quality category.

Keywords—*Paving Block, Bendrat wire Fibre*

1. PENDAHULUAN

Paving block merupakan bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air, sehingga karakteristiknya hampir mendekati dengan karakteristik mortar. Mortar adalah bahan bangunan yang dibuat dari pencampuran antara pasir dan agregat halus lainnya dengan bahan pengikat dan air yang didalam keadaan keras mempunyai sifat-sifat seperti batuan (Smith, 1979 dalam Malawi, 1996). Dibuat dengan kekuatan tergantung peruntukan Paving Block tersebut, pembebanan yang melebihi kekuatan peruntukannya akan menyebabkan retak bahkan hancurnya Paving Block tersebut. Untuk mengantisipasi hal ini maka perlu dilakukan rekayasa campuran dengan memberikan serat untuk menahan retakan pada material campurannya. Sebagaimana kesimpulan hasil penelitian Retakan-retakan pada beton akan menimbulkan dampak buruk. Salah satu cara meningkatkan kuat tarik adalah dengan menambahkan serat (fiber) kedalam campuran beton. Penambahan fiber juga dapat meningkatkan kemampuan untuk menahan lentur dan daktilitas pada beton tersebut (Suhendro, 1990). Selanjutnya Gunawan dkk (2013) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penambahan kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tekan, kuat Tarik dan modulus elastistas beton ringan. Sehingga kami melakukan Penelitian ini untuk memperoleh informasi mengenai *Paving Block* yang dalam pembuatannya menggunakan bahan tambah serat kawat Bendrat yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan dari *Paving Block* tersebut.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode

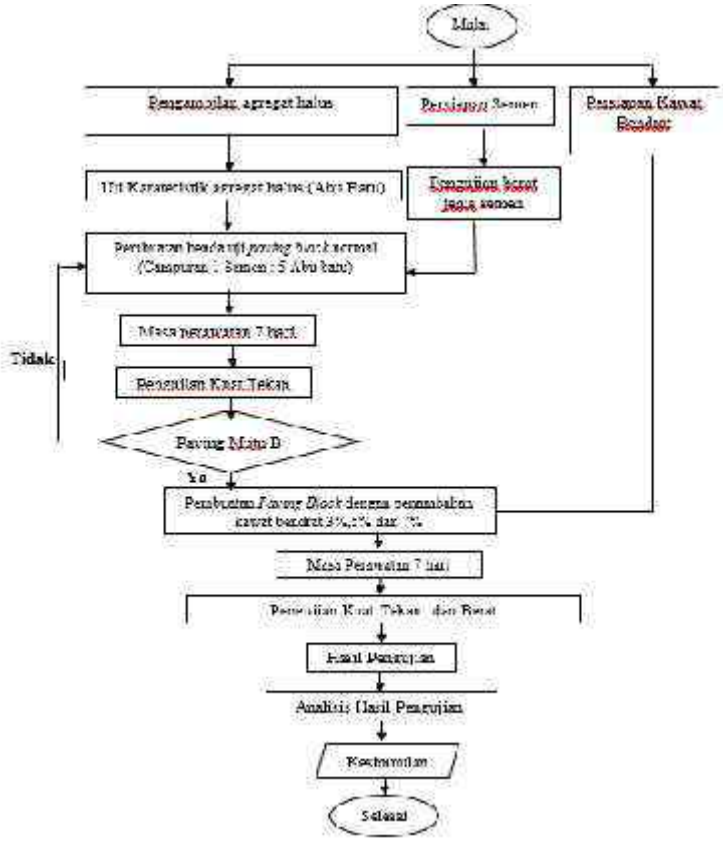
Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengujian (eksperimen) laboratorium yang mana penelitian ini dilakukan di Politeknik negeri Ujung Pandang pada pertengahan Februari sampai awal Juli 2019.

B. Gambar flowchart penelitian

Setelah dilakukan pengujian terhadap material pasir, semen dan air selanjutnya dibuat campuran percobaan untuk memperoleh porsi rencana mutu paving Block B. selanjutnya disiapkan material rencana dan juga penyiapan material tambahan berupa serat kawat tembaga yang sebelumnya telah dipotong-potong sepanjang 1,5 cm. selanjutnya dilakukan penimbangan material yang sudah dilakukan pencampuran begitu juga dengan bahan tambah dimana untuk setiap penambahan berat serat kawat tembaga sebesar itu juga dilakukan terhadap pengurangan berat campuran yang diatur sebanyak 0%, 3%, 5%, dan 7%, untuk setiap variasi dibuat 3 buah benda uji.

Untuk praktisnya tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1 berikut ini.

[1] Korespondensi penulis: Bustamin Abdul Razak, Telp. 081354380137, bustamin.ar@poliupg.ac.id



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian kuat tekan *paving block* menggunakan kawat bendrat pada umur 7 hari menunjukkan kuat tekan rata-rata paving block normat dengan perbandingan 1:5 atau kandungan 0% sebesar 19,30 MPa, kandungan 3% sebesar 22,15 MPa, kandungan 5% sebesar 7,89 MPa, dan kandungan 7% sebesar 10,24 MPa. Hasil tersebut dapat dilihat lebih rinci panda tabel dibawah ini :

Tabel 1. Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* Normal

No	Umur (hari)	Perbandingan	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm²)	P (KN)	Faktor Koreksi	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving
1	7	1:5	3.70	80	22050	203	0.792	18.07	19.30	B
2	7	1:5	3.68	80	22050	234.1	0.792	20.17		
3	7	1:5	3.53	80	22050	208.3	0.792	19.05		

Sumber : Hasil Pemeriksaan

Dari hasil kuat tekan rata-rata *paving block* normal yang ditekan pada umur 7 hari, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu 19,30 Mpa dan termasuk dalam mutu B karna 19,30 Mpa > 17 Mpa (kuat tekan minimum mutu B) yang di klasifikasikan untuk pelataran parkir menurut spesifikasi SNI 03-0691-1996 (dapat dilihat pada tabel 2.1).

Tabel 2. Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* bahan tambah 3%

No	Umur (hari)	Perbandingan	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm²)	P (KN)	Faktor koreksi	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving
1	7	1:5	3.65	80	22050	540.6	0.792	24.18	22.15	B
2	7	1:5	3.55	80	22050	538	0.792	24.00		
3	7	1:5	3.58	80	22050	451.2	0.792	18.27		

Sumber : Hasil Pemeriksaan

Dari hasil kuat tekan rata-rata *paving block* dengan bahan tambah kawat bendrat 3% yang ditekan pada umur 7 hari, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu 22,15 Mpa dan termasuk dalam mutu B karna 22,15 Mpa > 17 Mpa (kuat tekan minimum mutu B) yang di klasifikasikan untuk pelataran parkir menurut spesifikasi SNI 03-0691-1996.

Tabel 3. Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* bahan tambah 5%

No	Umur (hari)	Perbandingan	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm²)	P max (kN)	Faktor Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving
1	7	1:3	3.28	80	22050	153.7	0.792	11.66		
2	7	1:3	3.64	80	22050	141.1	0.792	10.71	10.24	D
3	7	1:3	3.77	80	22050	135.7	0.792	9.64		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil kuat tekan rata-rata *paving block* dengan bahan tambah kawat bendrat 5% yang ditekan pada umur 7 hari, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu 10,24 Mpa dan termasuk dalam mutu D karna 10,24 Mpa > 8,5 Mpa (kuat tekan minimum mutu D) yang di klasifikasikan untuk taman dan penggunaan lain menurut spesifikasi SNI 03-0691-1996.

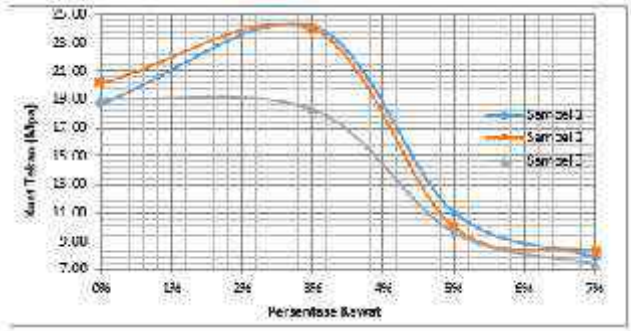
Tabel 3. Data hasil pengujian kuat tekan *paving block* bahan tambah 7%

No	Umur (hari)	Perbandingan	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm²)	P max (kN)	Faktor Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving
1	7	1:3	3.31	80	22050	111.1	0.792	7.89		
2	7	1:3	3.45	80	22050	117.7	0.792	8.36	7.89	D
3	7	1:3	3.40	80	22050	101.1	0.792	7.21		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil kuat tekan rata-rata *paving block* dengan bahan tambah kawat bendrat 5% yang ditekan pada umur 7 hari, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu 7,89 Mpa dan termasuk dalam mutu D karna 7,89 Mpa < 8,5 Mpa (kuat tekan minimum mutu D) yang di klasifikasikan untuk taman dan penggunaan lain menurut spesifikasi SNI 03-0691-1996.

Dari data-data hasil pengujian di atas menghasilkan simulasi grafis dari kekuatan tekan masing masing variasi prosentase penambahan serat kawat sebagai berikut.



Gambar 2. Grafik hasil uji kuat tekan Paving Block dengan variasi bahan tambah

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah kami lakukan, perbandingan *paving block* normal terhadap benda uji *paving block* dengan penambahan kawat bendrat sebagai bahan tambah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block* yang terbesar yaitu pada penambahan kawat bendrat 3%, dan *paving block* yang mengalami pennurunan kuat tekan rata-rata yaitu pada penambahan kawat bendrat 5% dan 7% terhadap *paving block* normal
2. Hasil kuat tekan rata-rata *paving block* dengan bahan tambah kawat bendrat 3% yaitu 22,15 sehingga termasuk dalam mutu B dan digunakan untuk pelataran parkir, hasil kuat tekan paving block dengan bahan tambah kawat bendrat 5% yaitu 10.24, dan 7% yaitu 7,89 sehingga termasuk dalam mutu D yang digunakan untuk taman dan penggunaan lain.
3. Tidak disarankan penelitian lebih lanjut tentang kawat bendrat sebagai bahan tambah karena hasil yang didapatkan menunjukkan penurunan kuat tekan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada UP3M Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan begitu banyak bantuan teknis dalam penyusunan laporan penelitian ini begitu juga Jurusan Teknik sipil yang telah memberikan bantuan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini serta semua rekan dan mahasiswa yang turut membantu dalam penelitian in

Daftar Pustaka

1. https://id.wikipedia.org/wiki/Paving_Block#cite_note-1 di unduh pada tanggal (22 Januari 2019)
2. http://pavingblockindonesia.com/paving-block-solusi-terbaik/ di unduh pada tanggal (22 Januari 2019)
3. http://rmij-indonesia.com/kelebihan-dan-kekurangan-paving-block/ di unduh pada tanggal (22 Januari 2019)
4. http://ariefrvi.blogspot.co.id/2013/07/makalah-tentang-semen-portland.html di unduh pada tanggal (22 Januari 2019)
5. Anonim. 1996. Standar Nasional Indonesia 03-0691-1996, tentang *Bata Beton (Paving Block).* Badan Standarisasi Nasional.
6. Ratna Hidayati 2016. " Peningkatan Kuat Tekan Paving Block Menggunakan Campuran Tanah dan Semen Dengan Alat Pemadat " ,Universitas Lampung Mandar.
7. http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/21575/Chapter%20II.pdf;jsessionid=67F8833F3499FF1DCD0742DCD83C2DB2?sequence=4 di unduh pada tanggal (24 Januari 2019)
8. http://id.scribd.com/document/118410873/Pengaruh-Penambahan-Serat-Kawat-Pada-Beton-Terhadap-Kuat-Lentur-Beton di unduh pada tanggal (25 Januari 2019)
9. Rahmat Budiyanto, Slamet Prayitno, Endang Rismunarsi, 2015" Pengaruh Penambahan Serat Tembaga Pada Beton Mutu Tinggi Metode Dreux Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas " Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta
10. Diego Maradeva Winarto, 2014 "Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat dan Tali Tambang Plastik Pada Pembuatan Bata Beton (Paving Block) "
11. Hendra Dwi Raharjo. 2012 . *Uji Kuat Tekan Paving Block Dengan Variasi Berbagai Macam Komposisi Dan Merk Semen*. Dalam http://karya-ilmiah.um.ac.id/index.php/TA-Bangunan/article/view/19017 diakses tanggal 1 Februari 2017.
12. Indra Ginanjar Dewangga. 2012. Pengaruh Fly Ash Terhadap Paving Block Dengan Metode Pressing Hidrolik Sebagai Pembuatannya. Universitas Jember. Jember.
13. Muller, Claudia dkk. 2006. *Modul Pelatihan Pembuatan Ubin atau Paving Block dan Batako*. International Labour Office. Jakarta
14. Herman. 2013. *Analisa Faktor Umur Paving Block.* Universitas Riau. Pekanbaru.
15. Purnawan Gunawan, Slamet Prayitno, dan Surya Adi Putra (2013) dengan judul "Pengaruh Penambahan Kawat bendrat pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas"
16. Mohammad Shoibul Kahfi (2017) . Pemanfaatan Campuran Pasir Lokal Jamber dan Bayuwangi Dalam Pembuatan Paving Block.

TINJAUAN POLA OPERASIONAL PINTU AIR SALURAN IRIGASI BENDUNG TABO-TABO

Andi Muhammad Subhan Saiby[1)], Aksan Djamal[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This research aimed to calculate the availability of water in the Tabo-Tabo Dam irrigation canal, to calculate the number of water needs of D.I Tabo – Tabo and analyze the water distribution system arrangement of the Tabo-Tabo Dam irrigation canal. The availability of irrigation water is calculated based on taking direct discharge data, then it processed to get the final result of the availability of water in the canal. Irrigation water needs are based on software cropwatt 8.0 and the Tabo-Tabo irrigation scheme. A rotation system is needed if the need for water is greater and availability. The results of this research indicate that the availability of discharge in the canal is at BP6 1,31 m^3/s, BP7 0,398 m^3/s, BM1 0,5488 m^3/s, BM2 0,4909 m^3/s, and BM 4 0,1791 m^3/s while the water needs in the Tabo-Tabo irrigation network scheme for BP6 4,591 m^3/s, BP7 2,564 m^3/s, BM1 2,49 m^3/s, BM2 2,442 m^3/s , BM4 2,168 m^3/s this shows that water availability is lacking so that rotation must be carried out in order that the water distribution is evenly distributed.

Keywords: *water distribution system, rotation.*

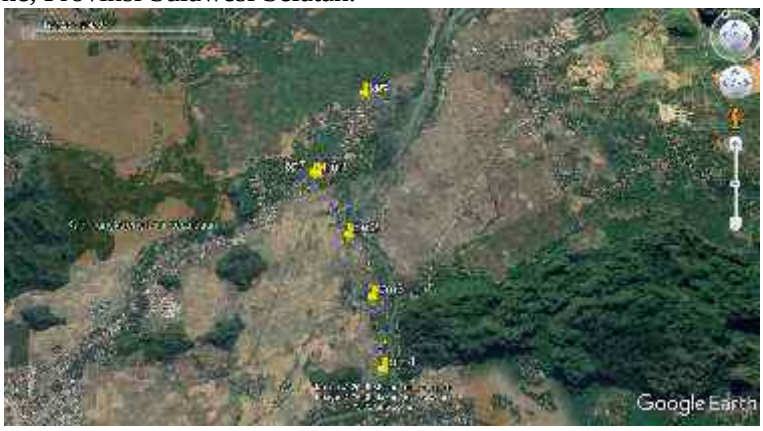
1. PENDAHULUAN

Daerah irigasi (DI) Tabo-Tabo yang direncanakan seluas 7.483 Ha tidak dapat teraliri sepenuhnya selama musim kemarau[1][2][3]. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan air tidak sebanding dengan ketersediaan air, sehingga air pendistribusian air merata maka dilakukan pengaturan pada pintu air agar terhindar dari gagal panen[4][5].

2. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama enam bulan mulai dari bulan Januari sampai bulan Aguatus 2019 dengan lokasi penelitian terletak di saluran sekunder BP 6, BP7, BM1 dan BM4 Saluran irigasi Bendung Tabo-Tabo Kabupaten Pangkanejene, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

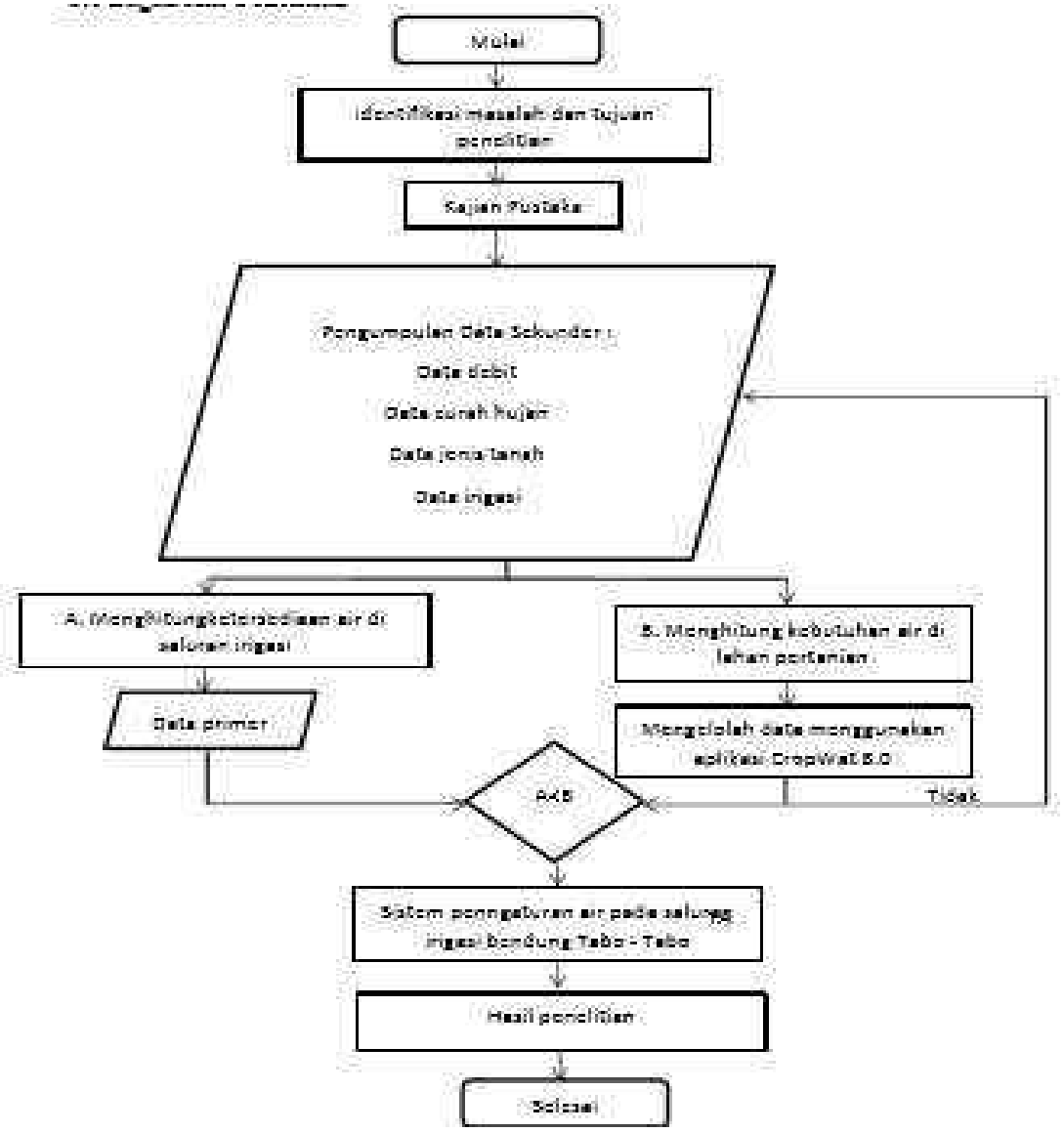
B. Pengumpulan Data

Data Primer yang digunakan adalah pengukuran langsung debit aliran di titk penelitian dan interview/wawancara dengan orang yang terkait dengan masalah ini (Petani, Kelompok tani, serta orang yang terlibat dalam pengoperasian DI Tabo-Tabo).

Data sekunder yang digunakan adalah skema jaringan irigasi, data curah hujan dan klimatologi yang diperoleh dari BBWSPJ dan PU.

[1] Andi Muhammad Subhan Saiby, 08124187502, andi.msubhan@poliupg.ac.id

C. Teknik Analisis Data



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data yang ada selanjutnya diolah dengan rumus sesuai. Hasil dari suatu pengolahan data digunakan untuk menganalisis Kebutuhan air Irigasi (KAI). Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian, dianalisis dengan menggunakan aplikasi cropwat 8.0 dan disimulasikan menggunakan alikasi Microsoft Excel untu mengatur sisten distribusi air [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ketersediaan Air

Untuk menghitung ketersediaan air pada saluran dilakukan dengan cara pengukuran langsung. Pengukuran dilakukan dengan metode *Mid Section* berdasarkan Penentuan kedalaman pengukuran & perhitungan kecepatan aliran[7].

Contoh perhitungan debit :

(Qi) = Ai x Vi

= 0,3028 x 0,1944

= 0,0589

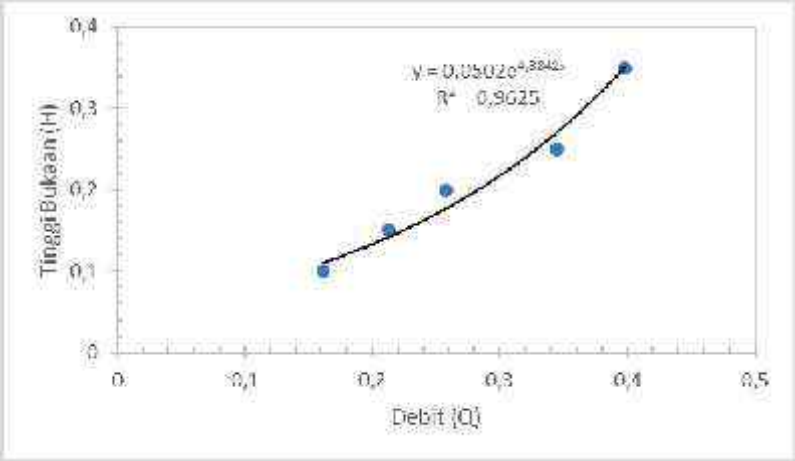
Hasil perhitungan data dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini

Tabel 1. Debit Ketersediaan Air

No. Pintu	H	A1	A2	A3	v1	v2	v3	Q1	Q2	Q3	QTot
BP.7	0,1 m	0,303	0,2461	0,2955	0,1944	0,25	0,1389	0,0589	0,0615	0,0410	0,1615
	0,15 m	0,3148	0,2574	0,3075	0,25	0,2222	0,25	0,0789	0,0566	0,0771	0,2128
	0,2 m	0,3385	0,2621	0,3051	0,2778	0,3333	0,25	0,0950	0,0906	0,0837	0,2577
	0,25 m	0,3747	0,3142	0,3673	0,3333	0,2778	0,3611	0,1275	0,0826	0,1355	0,3448
	0,35 m	0,4116	0,3503	0,4042	0,2778	0,3611	0,3889	0,1179	0,1166	0,1622	0,398
BM.1	0,1 m	0,6926	0,5121	0,6966	0,1389	0,1111	0,1389	0,0962	0,0569	0,0968	0,2498
	0,15 m	0,7082	0,5226	0,7121	0,1389	0,1667	0,1944	0,0984	0,0871	0,1385	0,3239
	0,2 m	0,7397	0,5434	0,7437	0,1667	0,1944	0,1944	0,1233	0,1057	0,1446	0,3736
	0,25 m	0,7715	0,5641	0,7752	0,1667	0,2222	0,1944	0,1286	0,1254	0,1507	0,4047
	0,35 m	0,8035	0,5849	0,8072	0,2778	0,25	0,22	0,2232	0,1462	0,1794	0,5488
BM.2	0,07 m	0,3172	0,2258	0,3243	0,1667	0,1667	0,1944	0,0529	0,0376	0,0631	0,1536
	0,1 m	0,4113	0,2969	0,416	0,2222	0,25	0,25	0,0914	0,0742	0,1040	0,2696
	0,15 m	0,4673	0,342	0,4689	0,3056	0,3056	0,25	0,1428	0,1045	0,1172	0,3645
	0,17 m	0,4861	0,3609	0,4911	0,3333	0,3333	0,3056	0,1620	0,1203	0,1501	0,4324
	0,2 m	0,5239	0,388	0,5289	0,3611	0,3611	0,3056	0,1892	0,1401	0,1616	0,4909
BM.4	0,04 M	0,0885	0,0601	0,0896	0,2778	0,2778	0,3056	0,0246	0,0167	0,0274	0,0687
	0,06 M	0,1148	0,0776	0,1159	0,3333	0,3056	0,3333	0,0383	0,0237	0,0386	0,1006
	0,08 M	0,141	0,0951	0,1421	0,3611	0,3889	0,3333	0,0509	0,0370	0,0474	0,1353
	0,1 M	0,1542	0,1039	0,1553	0,3889	0,3333	0,3889	0,0600	0,0346	0,0604	0,1550
	0,12 M	0,1673	0,1129	0,1684	0,3889	0,3889	0,4167	0,0651	0,0439	0,0702	0,1791
M2	0,05 m	0,0163	0,0163	0,0163	0,3056	0,2778	0,3333	0,0050	0,0045	0,0054	0,0149
	0,07 m	0,0186	0,0186	0,0186	0,3889	0,3333	0,3611	0,0072	0,0062	0,0067	0,0202
	0,1 m	0,0233	0,0233	0,0233	0,3889	0,3889	0,3611	0,0091	0,0091	0,0084	0,0265
	0,15 m	0,0291	0,0291	0,0291	0,3611	0,3889	0,4167	0,0105	0,0113	0,0121	0,0340
	0,17 m	0,0314	0,0314	0,0314	0,3889	0,4167	0,3889	0,0122	0,0131	0,0122	0,0375

Tabel 2. Tinggi Bukaan dan Debit Ketersediaan Air BP.7

No. Pintu	Q	H
	0,1615	0,1
	0,2128	0,15
BP. 7	0,2577	0,2
	0,3448	0,25
	0,398	0,35



Gambar 1. Hubungan antara Tinggi Bukaan (H) dan Debit (Q) pada saluran BP.7

Berdasarkan gambar diatas diketahui hubungan antara tinggi bukaan (H) dan debit (Q) saluran BP.7. Pada bukaan 0,1 m didapatkan debit sebesar 0,1614 m^3/s , pada bukaan 0,15 m didapatkan debit sebesar

0,2128 m^3/s, pada bukaan 0,2 m didapatkan debit sebesar 0,2577 m^3/s, pada bukaan 0,25 m didapatkan debit sebesar 0,3448 m^3/s dan pada bukaan 0,35 m didapatkan debit sebesar 0,398 m^3/s dengan demikian dihasilkan lengkungan aliran debit *(discharge rating curve)* $y = 0{,}0502e^{4{,}8842x}$ dan $R^2 = 0{,}9625$. Asdak (2010), sesuai atau tidaknya model matematis regresi sederhana dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengetahui besarnya nilai R^2 atau dapat juga disebut koefisien determinanasi *(coefficient of detemination).* Koefisien determinasi menunjukkan seberapa jauh kesalahan dalam memperkirakan besaran y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variabel x. Model persamaan regresi dianggap sempurna apabila nilai R^2 =1. Dengan kata lain nilai R^2 merupakan petunjuk kevalidan suatu data dimana jika $0.8 < R^2 < 1$. Adapun hasil lengkungan aliran debit tiap saluran ialah sebagai berikut :

- Saluran BP 7 : $y = 0{,}0502e^{4{,}8842x}$ dan $R^2 = 0{,}9625$
- Saluran BM 1 : $y = 0{,}0391e^{4{,}1913x}$ dan $R^2 = 0{,}942$
- Saluran BM 2 : $y= 0{,}0435e^{3{,}1744x}$ dan $R^2 = 0{,}9885$
- Saluran BM 4 : $y = 0{,}0211e^{9{,}874x}$ dan $R^2 = 0{,}9924$
- Sadap M.2 : $y = 0{,}0228e^{54{,}641x}$ dan $R^2 = 0{,}9956$

B. Kebutuhan Air

Untuk menghitung kebutuhan air di saluran irigasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *cropwat 8.0*[8]. Aplikasi cropwat 8.0 digunakan dengan menginput data data seperti data klimatologi, data curah hujan, data pola tanam, data jenis tanah. Data yang diperoleh dari Balai Besar Pompengan Jene'berang, Badan Perencanaan Bangunan Daerah Sulawesi Selatan dan IP3A Kabupaten Pangkep .

Tabel 3. Data Klimatologi

Bulan	Tmax	Tmin	Humidity	Wind	Sun
	°C	°C	%	km/day	%
January	31,16	26,3	93,17	18,27	26,88
February	31,6	26,58	91,33	15,26	27,77
Maret	32,17	26,99	91,8	14,55	34,6
April	33,04	26,97	90,4	13,54	33,3
Mei	33,35	27,23	90,6	9,35	38,77
Juni	33,02	27,09	91,4	5,6	31,33
Juli	33	27,13	91	7,6	48,5
Agustus	33,98	27,63	87,2	14,28	67,22
September	34,91	27,74	86,8	25,78	61,1
Oktober	34,46	29,04	91,4	29,28	58,8
November	35,63	28,14	92,4	21,65	47,4
Desember	32,94	27,51	92,4	17,3	26,66

Tabel 4. Curah Hujan

Bulan	Rain
	Mm
January	42,7
February	32,7
Maret	32,2
April	27,5
Mei	24,4
Juni	19,6
Juli	10,2
Agustus	6,2
September	8,2
Oktober	23,1
November	23,4
Desember	27,5

Tabel 5. Kebutuhan Air dari aplikasi cropwat 8.0

Bulan	Dec (10 hari)	mm/dec	lt ha/day	lt. ha/dtk	m3/ha/dtk
Maret	1	0	0	0	0
Maret	2	73,7	73700	0,8530093	0,000853009
Maret	3	119,7	119700	1,3854167	0,001385417
April	1	28,4	28400	0,3287037	0,000328704
April	2	28	28000	0,3240741	0,000324074
April	3	28	28000	0,3240741	0,000324074
Mei	1	27,7	27700	0,3206019	0,000320602
Mei	2	27,4	27400	0,3171296	0,00031713
Mei	3	29,7	29700	0,34375	0,00034375
Juni	1	24,6	24600	0,2847222	0,000284722
Juni	2	23,2	23200	0,2685185	0,000268519
Juni	3	26,7	26700	0,3090278	0,000309028
Juli	1	29,6	29600	0,3425926	0,000342593
Jli	2	31	31000	0,3587963	0,000358796
Juli	3	29,9	29900	0,3460648	0,000346065

Pada ikon CWR akan muncul kebutuhan air dari bulan Maret sampai Juli , pada dec 1 bulan Maret lahan tidak membutuhkan air karena pada dec 1 petani ada pada masa persiapan lahan dimana petani membersihkan sisa – sisa Musim Tanam 1 (MT.1). Pada bulan dec 3 petani membutuhkan air lebih banyak untuk persiapan lahan pembibitan.

Tabel 6. Perbandingan antara Ketersediaan dan Kebutuhan Air

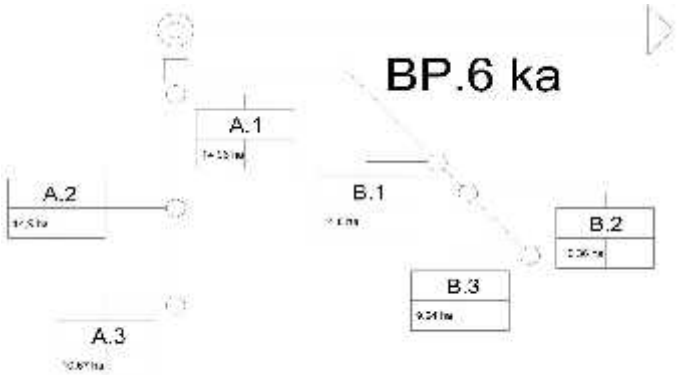
No. Pintu	Ketersediaan Air (m^3/s)	Kebutuhan Air (m^3/s)
BP 6	1,31	4,591
BP 7	0,398	2,564
BM 1	0,548	2,49
BM 2	0,49	2,442
BM 4	0,179	2,168

Dari tabel 6 diatas terlihat bahwa ketersediaan air pada setiap pintu air setiap saluran lebih kecil dari pada kebutuhan air, maka dari itu dibutuhkan sistem rotasi untuk mengatur sistem distribusi[9]. Data dari kebutuhan air diatas diambil dari skema jaringan irigasi sebagai acuan untuk mengetahui besar debit rencana pada saluran tersebut [10].

C. Sistem Pengaturan Pendistribusian Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 32/PRT/M/2007, yaitu perbandingan antara debit air yang tersedia dengan debit air yang diperlukan, bila K = 1 persediaan cukup, bila K < 1 persediaan kurang. Sistem Giliran atau Rotasi adalah cara pemberian air di saluran tersier atau saluran utama dengan interval waktu tertentu bila debit yang tersedia kurang dari faktor K.

Petak tersier dibagi menjadi petak – petak kuarter, masing – masing seluas kurang lebih 8 – 15 ha (Departemen PU, Standar Perencanaan Irigasi KP 01, (2010). Adapun sistem rotasi pada setiap area tersier sebagai berikut :



Gambar 2. Skema irigasi unit tersier BP 6 Ka

A. Distribusi Unit Tersier

Area Tersier BP. 6 dibagi menjadi 6 unit kuarter sebagai berikut :

Unit kuarter A1 = 15,0 ha
A2 = 10,5 ha
A3 = 10,7 ha
Unit Sub Tersier A = 36,2 ha
Unit kuarter B1 = 14,8 ha
B2 = 10,3 ha
B3 = 9,2 ha
Unit Sub Tersie B = 34,3 ha
Total A + B = 36,2 ha + 34,3 ha
= 70,5 ha .

B. Sistem Rotasi

persediaan Q < 60 %

Rotasi berikut ini dibagi dalam 2 (dua) periode sub tersier:

- Periode I : Pengairan unit tersier A

$$= \frac{36,2}{70,5} \; x \; 168 \; jam$$

= 3 hari 14 jam

- Periode II : Pengairan unit tersier B

$$= \frac{34,3}{70,5} \; x \; 168 \; jam$$

= 3 hari 10 jam

C. Pengoperasian Pintu

- Ketika debit Q> 60% Qrencana, sistem pasokan air mengalir terus menerus ke semua sub tersier dapatkan pasokan air, semua pintu kotak tersier dibuka.
- Ketika debit Q <60% Qrencana, pasokan air adalah sistem rotasi, setiap sub tersier akan mendapatkan pendistribusian air secara bergantian.
- Yang pertama, pendistribusian air ke sub tersier B

  Semua pintu ke sub tersier A harus ditutup dan ke sub tersier B harus dibuka selama:
  3 hari 10 jam
  Mulai senin jam 6.00 sampai kamis jam 16.00
- Selanjutnya, pendistribusian air ke sub tersier A

  Semua pintu ke sub tersier B harus ditutup dan ke sub tersier A harus dibuka selama:
  3 hari 14 jam
  Mulai kamis jam 16.00 sampai Senin jam 6.00
- Selanjutnya, ulangi prosedur secara teratur sampai kondisi debit Q> 60% Qrencana dan sistem diubah menjadi aliran terus menerus.

Tabel 7. Distribusi air tersier BP 6 Ka

Sistem Distribusi Air		Aliran Terus - Menerus			Rotasi Sub- Tersier I		
Q (%)		≥ 60% Q_{design}			Q < 60%		
Q (l/s)							
Hari		Waktu	Pengairan Sub Tersier		Waktu	Pengairan Sub Tersier	
1	Senin	06.00			06.00		
2	Selasa						(B)
3	Rabu						
4	Kamis				17.00		
5	Jumat						
6	Sabtu						(A)
7	Minggu						
8	Senin			(A+B)	06.00		

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan ketersediaan air kurang maka perlu dilakukan sistem distribusi air perpetak sawah. Kebutuhan air mengunakan aplikasi cropwat 8.0 disimpulkan kebutuhan tanaman tertinggi ada pada bulan Maret dec 3 sebesar 1,385 lt ha/dtk dan kebutuhan air terendah pada bulan Maret dec 1. Distribusi air pada saluran sekunder BP 6 untuk petak tersier A selama 3 hari 14 jam dan untuk petak tersier B selama 3 hari 10 jam. Distribusi air pada saluran sekunder BP 7 untuk petak tersier A selama 4 hari 11 jam dan untuk petak tersier B selama 2 hari 13 jam. Distribusi air pada saluran sekunder BM 1 untuk unit tersier BM 1 Ki tidak rotasi karena hanya memiliki 1 (satu) unit sub tersier. Pada unit tersier BM 1 Ka untuk petak tersier A selama 3 hari 16 jam dan untuk petak tersier B selama 3 hari 8 jam. Distribusi air pada saluran sekunder BM 2 untuk unit tersier BM 2 Ka tidak rotasi karena hanya memiliki 1 (satu) unit sub tersier. Distribusi air pada saluran sekunder BM 3 untuk unit tersier BM 3 Ka tidak rotasi karena hanya memiliki 1 (satu) unit sub tersier. Distribusi air pada saluran sekunder BM 4 untuk unit tersier BM 4 Ka 1 pada petak tersier A selama 3 hari 2 jam dan pada petak tersier B selama 3 hari 22 jam. Untuk unit tersier BM 4 Ka 2 pada sistem rotasi I untuk petak tersier A – B selama 4 hari 15 jam, untuk petak tersier A – C selama 5 hari 15 jam, untuk petak tersier B – C selama 4 hari 6 jam dan pada sistem rotasi II untuk petak tersier A selama 2 hari 18 jam, untuk petak tersier B selama 1 hari 21 jam dan petak tersier C selama 2 hari 9 jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M. N. Huda, D. Harisuseno, and D. Priyantoro, “PENYUSUNAN JADWAL ROTASI PADA DAERAH IRIGASI TUMPANG KABUPATEN MALANG,” pp. 221–229, 2014.

[2] D. N. Muliawati and M. A. Mardyanto, “Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan Di Kawasan Rungkut,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. D16–D20, 2015.

[3] L. Utama and A. Naumar, “Kajian Kerentanan Kawasan Berpotensi Banjir Bandang dan Mitigasi Bencana pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Kota Padang,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 21–28, 2015.

[4] B. U. Amalia, R. Geovani, J. T. Sipil, P. Negeri, and U. Pandang, “Analisis indeks kinerja terhadap rehabilitasi daerah irigasi lekopancing kabupaten maros,” 2018.

[5] B. Bolango and P. Gorontalo, “Analisis Efisiensi Penyaluran Air Irigasi Dengan Sistem.”

[6] G. Tegegne, D. K. Park, and Y. Kim, “Journal of Hydrology : Regional Studies Comparison of hydrological models for the assessment of water resources in a data-scarce region , the Upper Blue Nile River Basin,” *J. Hydrol. Reg. Stud.*, vol. 14, no. October, pp. 49–66, 2017.

[7] H. Efendi, M. Ali, and R. Misliniyati, "ANALISIS KEHILANGAN AIR PADA SALURAN SEKUNDER (STUDI KASUS DAERAH IRIGASI BENDUNG AIR NIPIS BENGKULU SELATAN),” vol. 6, no. 1, pp. 1–14.

[8] T. Yuliawati, T. K. Manik, and R. A. B. Rosadi, "Pendugaan Kebutuhan Air Tanaman Dan Nilai Koefisien Tanaman (Kc) Kedelai (Glycine Max (L) Merril) Varietas Tanggamus Dengan Metode Lysimeter," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 3, no. 3, pp. 233–238, 2014.

[9] W. R. Kneebone, C. F. Mancino, and D. M. Kopec, "Water Requirements and Irrigation," *Turfgrass*, pp. 441–472, 1992.

[10] N. Puspita, "Analisa Kebutuhan Kolam Retensi Bandara Atung Bungsu Kota Pagar Alam," *Teknika*, vol. 2, 2015.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Dinas PSDA Propinsi Sulawesi Selatan dan Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWSPJ) yang memberikan data dan peta yang di gunakan untuk analisis dalam tulisan ini.

TINJAUAN ELEVASI BENDUNG KELARA TERHADAP ELEVASI SAWAH TERTINGGI DI DAERAH IRIGASI KELARA-KARALLOE KABUPATEN JENEPONTO

Zulvyah Faisal[1)] dan Aksan Djamal[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the main building that is the elevation of the Kelara weir to the highest elevation of rice fields in the Kelara-Karalloe Irrigation Area, with a specific target of how to provide solutions so that the distribution of water can be distributed in all irrigation areas covering ± 10,000 Ha. The most fundamental advantage of research is that it is possible to meet the needs of water for various farming needs, the capacity of water for irrigation must be given in the right amount, time, and quality. The main location in the downstream is almost not getting water so it needs to be measured the highest elevation of rice fields as a basis for the elevation of a lighthouse in the weir dams. This research method begins with the collection of secondary data and primary data. Then the field survey and measurement of the highest elevation of the fields are conducted. The highest paddy field measurements are carried out using a GPS Geodetic tool to match the elevation from the initial planning data. Data analysis is then performed to find out the availability of water in the river as a basis for determining the water balance in the Kelara-Karalloe Irrigation Area.

Keywords— *irrigation, crest weir, highest rice field elevation*

1. PENDAHULUAN

Potensi Irigasi Kelara-Karalloe dengan luas total ± 10.000 Ha terletak di Provinsi Sulawesi Selatan. Sumber air untuk Irigasi ini disuplai dari Bendung Karalloe di sungai Karalloe Kab. Gowa dan Bendung Kelara di sungai Kelara Kabupaten Jeneponto[1]. Saat ini areal yang yang fungsional (diairi irigasi teknis) seluas 4500 Ha . Saat ini DI Kelara mengalami penurunan kinerja jaringan irigasi, khususnya distribusi air irigasi [2][3]. Dengan terbangunnya bendungan Karalloe maka bendung Kelara sebagai salah satu sumber suplai ke daerah irigasi perlu diperhatikan kondisi mercunya terhadap elevasi sawah tertinggi[4]. Sehingga perlu diperhitungkan elevasi sawah tertinggi terhadap sumber air dari bendung kelara[5].

2. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama delapan bulan mulai dari bulan Maret sampai bulan Oktober 2019 dengan lokasi penelitian di Daerah Irigasi Kelara-Karalloe meliputi kecamatan Kelara, Batang, Turatea dan Binamu di Kabupaten Jeneponto Propinsi Sulawesi Selatan[6].

B. Data dan Sumber Data

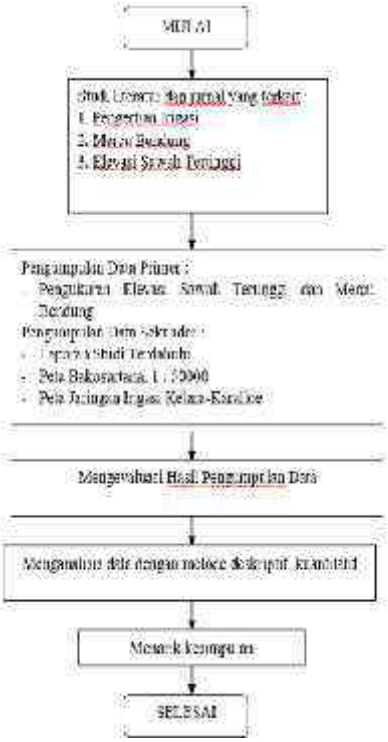
Data yang diperlukan adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa data hasil pengukuran elevasi di lapangan, sedangkan data sekunder berupa data perencanaan desain awal lokasi irigasi Kelara-Karalloe. Dengan begitu sumber data penelitian ini adalah dari pengukuran elevasi sawah dan elevasi mercu.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah sistematika atau urutan kegiatan pada penelitian ini. Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut [7]:

1. Studi Literatur
2. Melakukan peninjauan lokasi
3. Pengumpulan data sekunder berupa : Peta, skema jaringan irigasi, dan laporan studi terdahulu.
4. Pengambilan data elevasi di lapangan (sebagai klarifikasi data sekunder)
5. Wawancara dengan P3AI (Petani Pemakai Pengguna Air)
6. Analisa data

[1] Zulvyah Faisal, 08124248343, zulvyahfaisal@poliupg.ac.id



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

7. Pembuatan Laporan Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mercu Bendung

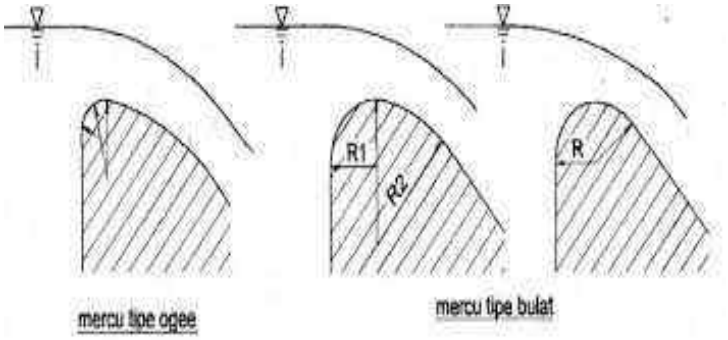
Mercu bendung yaitu bagian teratas tubuh bendung dimana aliran dari udik dapat melimpah ke hilir[8]. Fungsinya sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian udik bendung; sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran sungai. Letak mercu bendung bersama-sama tubuh bendung diusahakan tegak lurus arah aliran sungai agar aliran yang menuju bendung terbagi merata. Bentuk mercu bendung tetap (Gambar 2), yaitu:

a. mercu bulat dengan satu jarijari pernbulatan,
b. mcrcu bulat dengan dua jarijari pembulatan,
c. mercu tipe Ogee, SAF dan
d. mercu ambang lebar.

Bentuk mercu bendung yang lazim digunakan di Indonesia yaitu bentuk mercu bulat. Hal ini dikarenakan :

a. bentuknya sederhana sehingga mudah dalam pclaksanaannya,
b. mempunyai bentuk mercu yang besar, sehingga lebih terhadap benturan batu gelundung, bongkah & sebagainya.
c. tahan terhadap goresan atau abrasi. karena mercu bendungan diperkuat oleh pasangan batu candi atau beton.
d. pengaruh kavitasi hampir tidak ada atau tidak begitu besar asalkan radius mercu bendung memenuhi syarat minimun yaitu $0,7\ h < R < h$.

Bendung bermercu bulat memiliki harga koefisien debit yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien bendung ambang lebar. Karena itu bendung berambang lebar hampir tidak digunakan lagi pemakaiannya. Koefesien pengaliran dari mercu tersebut dapat dipelajari pada Standar Perencanaan lrigasi; KP 02. Khusus untuk bendung bermercu bulat, DPMA telah melakukan pula studi untuk mempelajari koefisien pengalirannya. Hasil penyelidikan ini dimuat dalam laporan DPMA No. P. 716.



Gambar 2. Bentuk-bentuk mercu bendung

B. Penentuan Elevasi Mercu Bendung

Dalam penentuan elevasi mercu bendung dapat dilakukan langkah kegiatan sebagai berikut :

1. Ditetapkan elevasi sawah tertinggi yang akan diairi; tinggi muka air di sawah dan di saluran irigasi hingga mendapatkan tinggi muka air di bangunan bagi pertama.
2. Dihitung kebutuhan tinggi tekan untuk mengalirkan air dari intake ke bangunan ukur dan ke bangunan bagi pertama ke saluran sekunder, tersier dan sawah dengan memperhatikan kehilangan tekanan akibat gesekan sepanjang saluran.
3. Dihitung kehilangan tinggi tekan pada bangunan ukur dengan memperhitungkan tipe alat ukur yang dipakai.
4. Dihitung kehilangan tinggi tekan di intake dengan memperhitungkan kehilangan tekanan akibat saringan sampah dan pintu-pintu.
5. Bila bendung dilengkapi dengan kantong sedimen maka; dihitung tinggi elevasi muka air di awal intake berdasarkan keadaan aliran untuk pembilasan sedimen di kantong sedimen.
6. Dipilih elevasi muka air di udik intake yang lebih menentukan antara hasil perhitungan untuk keperluan jaringan irigasi dan hasil perhitungan untuk keperluan pembilasan sedimen.
7. Ditentukan kehilangan tinggi tekan akibat saringan sampah dan atau saringan batu yang dipasang di udik intake.
8. Ditambahkan tinggi mercu sekurangnya sebesar 0,10 meter, untuk mengatasi penurunan muka air di udik mercu akibat gelombang yang timbul oleh tiupan angin dan kebocoran di pintu.
9. Dievaluasi hasil perhitungan di atas, sehingga pada debit desain tetap terjadi aliran sempurna

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan perbedaan elevasi antara bendung dan sawah tertinggi, diperlukan dinaikkan tinggi mercu sehingga mampu mengairi sawah tertinggi

5. DAFTAR PUSTAKA

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

[2] A. Fajar *et al.*, “PEMBERIAN AIR DALAM PENGELOLAAN AIR IRIGASI EFFICIENCY OF

PIPE IRRIGATION SYSTEM TO IDENTIFY THE FEASIBILITY Oleh :," pp. 33–42, 2016.

[3] R. Komarudin, "Peningkatan Kinerja Jaringan Irigasi Melalui Penerapan Manajemen yang Tepat dan Konsisten pada Daerah Irigasi Ciramajaya," vol. 17, no. 2, pp. 115–122, 2010.

[4] T. B. Jakarta, "Hidrologi das ciliwung dan andilnya terhadap banjir jakarta 1," *Lokakarya Pendekatan DAS dalam Menanggulangi Banjir*, no. 5, pp. 1–11, 2002.

[5] L. Utama and A. Naumar, "Kajian Kerentanan Kawasan Berpotensi Banjir Bandang dan Mitigasi Bencana pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji Kota Padang," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 21–28, 2015.

[6] D. N. Muliawati and M. A. Mardyanto, "Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur Resapan Di Kawasan Rungkut," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. D16–D20, 2015.

[7] M. Luo and R. E. Criss, "Base flood estimates compared and linked to engineering modifications of the Missouri River," *Nat. Hazards*, vol. 88, no. 1, pp. 559–574, 2017.

[8] D. Chandrasasi and D. Priyantoro, "PERUBAHAN DESAIN DENGAN UJI MODEL FISIK BENDUNG GERAK KARANGNONGKO TAHAP I , SUNGAI BENGAWAN SOLO HILIR KABUPATEN BOJONEGORO DAN BLORA," pp. 125–132.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Sipil, Dosen dan Staf Jurusan Teknik Sipil, mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu sehingga memungkinkan dilaksanakannya penelitian ini hingga selesainya laporan ini membantu dalam jalannya proses pelaksanaan pengabdian ini.

ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI MONCONGLOE DI KOTA MAKASSAR DAN KABUPATEN MAROS

Hasdaryatmin Djufri[1)],
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Flood usually occurs every year during rainy season in the Moncongloe River located in Makassar City and Maros District with watershed of 40.05 km^2, main river length of 12 km and river slope of 0.00165. Consequently these occurrences inundate areas along the river and thus cause great loses for people living around these areas. Therefore, the aim of this research is to analyse flood discharge and discharge capacity of the Moncongloe River.To achieve the aim of this research, analysis of regional rainfall collected from 4 rainfall stations that influence the study location was carried out using the Gumbel Method and the Log Pearson III Method, and then the results of both methods were chosen for the worst case (larger discharge). The Moncongloe River flood discharge was analyzed using the Rational, Weduwen and HSS Nakayasu Methods. The results were verified with the Creager Chart, then the Weduwen method produced the worst case with Q_2 = 154.05 m^3/sec; Q5 = 198.09 m^3/sec; Q10 = 227.73 m^3/sec.Hydraulic modeling using the Hec-Ras 5.0.7 softwarewas applied to figure out the discharge capacity of the Moncongloe River as well as the height of flood overflows for rainfall with various return periods. The results showed that the discharge capacity of the Moncongloe River in the 2-year return period is insufficient with an overflow height reaching 1.0 m and for the return period of 5 years and 10 years the flood overflow can reach 2.0 m above the river embankment.

Keywords*: flood, Moncongloe River, discharge capacity.*

1. PENDAHULUAN

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai manfaat bagi kehidupan dan penghidupan manusia sehingga perlu untuk dilindungi dan dijaga kelestariannya, ditingkatkan fungsi dan kemanfataannya dan dikendalikan daya rusaknya terhadap lingkungan (PP No. 35 Tahun 1991).

Keberadaan sungai di alam memiliki fungsi utama untuk mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada DAS dan alurnya yang keduanya berlangsung secara bersamaan dan saling mempengaruhi [1]. Sungai mempunyai peranan yang sangat besar bagi perkembangan manusia di seluruh dunia ini, yakni dengan menyediakan daerah-daerah subur yang umumnya terletak di lembah-lembah sungai dan sumber air sebagai sumber kehidupan yang paling utama bagi kemanusiaan. Demikian pula sungai menyediakan dirinya sebagai sarana transportasi guna meningkatkan mobilitas serta komunikasi antar manusia [2]. Bagi kehidupan manusia fungsi/manfaat keberadaan sungai yaitu sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya (PP No. 35 Tahun 1991). Dalam hal fungsinya mengalirkan atau sebagai penyalur banjir, sungai perlu diantisipasi agar tidak menimbulkan kerugian bagi aktifitas masyarakat di sekitarnya.

Sungai Moncongloe merupakan Sub Das Tallo yang terletak di Kawasan Strategis Mamminasata dan sebagai batas wilayah Kota Makassar dan Kabupaten Maros mengalir dari arah utara ke selatan yaitu lokasi Gunung Moncongloebulu melewati beberapa kampung/permukiman (Jambua-Biringjene-Paccerakang-Panaikang-Bangkala) dan bermuara di Sungai Tallo sekitar Kampung Pamanjengan dan Kampung Moncongloelappara. Sungai ini rutin mengalami luapan akibat ketidakmampuannya mengalirkan debit banjir yang terjadi.

Informasi kejadian banjir Sungai Moncongloe merupakan hal yang lazim bagi masyarakat Kota Makassar setiap tahun sebagaimana diberitakan oleh berbagai media cetak atau media elektronik, lokasi terparah yang terdampak luapan Sungai Moncongloe adalah Perumahan Kodam III dan sekitarnya dengan ketinggian genangan mencapai 1- 2 m.

Dengan latar belakang sebagaimana diuraikan di atas, peneliti akan melakukan analisis dan kajian debit banjir dengan berbagai periode ulang serta pemodelan ketinggian banjir yang terjadi pada Sungai

[1] Korespondensi penulis: Hasdaryatmin Djufri, Telp 0811465724, djufri81@poliupg.ac.id

Moncongloe yang senanatiasa dapat dijadikan sebagai referensi dan masukan bagi stakeholder dan pemangku kepentingan yang terkait dengan keberadaan dan kondisi Sungai Moncongloe.

Kajian tentang debit banjir dan kapasitas/kemapuan sungai dalam mengalirkan debit banjir oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah melakukan penelitian dengan judul "Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik kawasan Citraland" [3] dan penelitian dengan judul "Pemodelan Banjir Sungai di Daerah Aliran Sungai Balong, Jepara-Jawa Tengah [4].

2. METODE PENELITIAN

Obyek penelitian adalah Sungai Moncongloe yang terletak di perbatasan Kota Makassar dan Kab. Maros. Untuk memperoleh informasi data yang baik dan benar dengan asumsi agar tujuan penelitian dapat dicapai, maka pengumpulan data dilakukan dengan metode sebagai berikut:

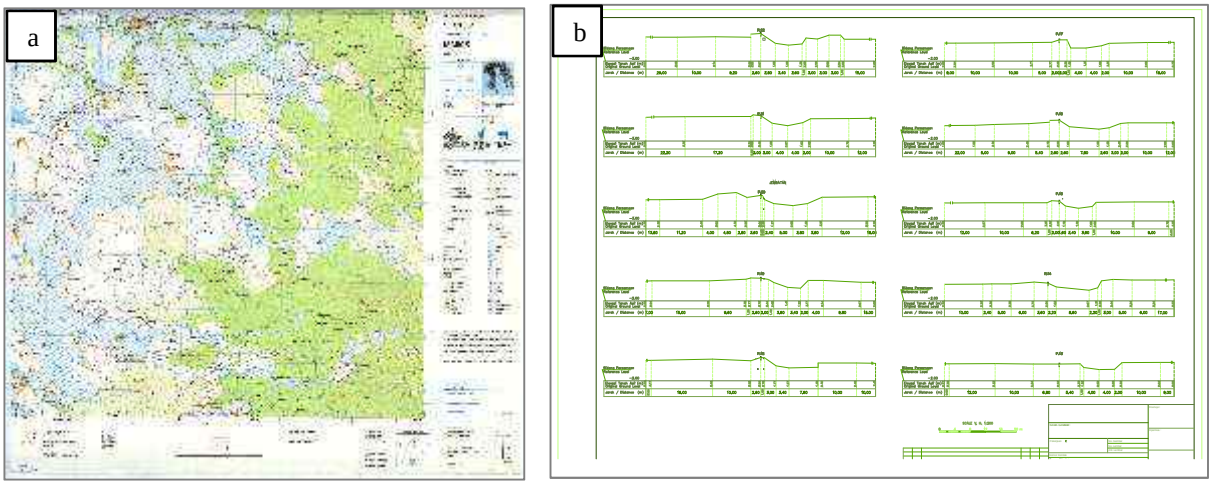
1) Mengumpulkan data sekunder yang terkait dengan penelitian, berupa:
   a) Data curah hujan maksimum daerah

   Tabel 1. Curah hujan maksimum daerah dengan Poligon Thiesen

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm) DAS Moncongloe				
		Sta. Bandara Hasanuddin	Sta. CH. Panakkukang	Sta. CH. Puca Maros	Sta. CH. Senre Gowa	Curah Hujan Daerah (Poligon Thiesen)
		0.8910	0.0154	0.0027	0.0908	
1	2008	90.17	97.00	135.00	225.00	102.64
2	2009	138.18	181.00	190.00	190.00	143.68
3	2010	105.92	113.00	198.00	180.00	113.01
4	2011	130.05	91.00	151.00	123.00	128.86
5	2012	87.12	217.00	98.00	90.00	89.42
6	2013	145.80	115.00	154.00	118.00	142.82
7	2014	114.05	193.00	150.00	203.00	123.44
8	2015	118.11	135.00	68.00	115.00	117.95
9	2016	136.91	139.00	250.00	169.00	140.16
10	2017	159.00	142.00	150.00	114.00	154.63
11	2018	140.97	178.00	150.00	160.00	143.29

   b) Peta rupa bumi indonesia (RBI) Lembar Maros skala 1:50.000 lembar 2010 – 63 Edisi I tahun 1991

   c) Data Penampang sungai Hasil Pengukuran Dinas SDA Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2012



Gambar 1. Data lokasi penelitian: (a) Peta rupa bumi; (b) Potongan melintang sungai

2) Melakukan analisis curah hujan rancangan.
   Analisis curah hujan rancangan dilakukan dengan Metode Gumbel dan Log Pearson III Analisis Debit Banjir Rancangan
3) Analisis debit banjir rancangan dilakukan dengan 3 metode yaitu: Metode Rational, Metode Weduwen dan Metode HSS Nakayasu.
4) Analisis hidrolis dengan Aplikasi Hec-Ras 5.0.6

Data Input untuk program HEC-RAS, adalah :

1. Koordinat X dan Y sungai (hasil pengukuran penampang memanjang/ *long section*)
2. Koordinat X dan Y penampang melintang sungai (hasil pengukuran penampang melintang/ *cross section*)
3. Koefisien kekasaran Manning (n)
4. Jarak antar penampang melintang.
5. Debit banjir rancangan berbagai kala ulang (hasil analisa hidrologi)

Keluaran (output) program HEC-RAS terdiri dari :

1. Tabel hasil perhitungan hidrolika (karakteristik aliran, kecepatan, profil muka air, dan lain-lain).
2. Hasil analisa kapasitas tampungan sungai.
3. Gambar profil aliran (memanjang dan melintang)

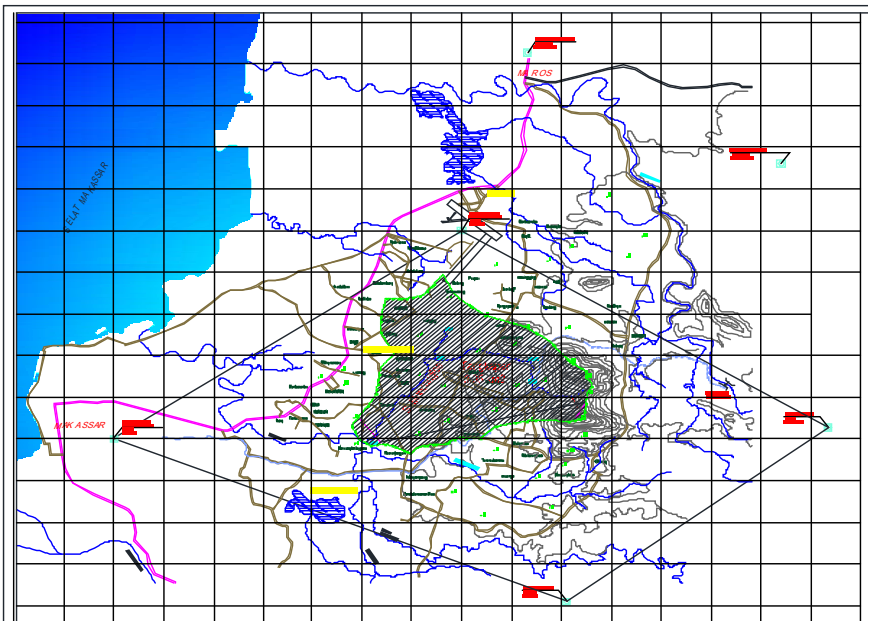
Evaluasi kapasitas penampang sungai dan tinggi luapan banjir dapat dilihat pada hasil penampang melintang dan memanjang hasil simulasi Hec-Ras untuk masing-masing periode ulang banjir yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Hasil Penelitian

Berdasarkan data-data telah diperoleh, selanjutnya dianalisis sehingga diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

1) Luas DAS (A); Berdasarkan peta rupa bumi, ditentukan lokasi Sungai dan Batas-batas DASnya, luas DAS Sungai Moncongloe adalah 40,05 Km^2



Gambar 2. Peta DAS Moncongloe

2) Curah hujan rancangan dengan metode Distribusi Gumbel dan Log Pearson III, sebagaimana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Curah hujan rancangan DAS Moncongloe

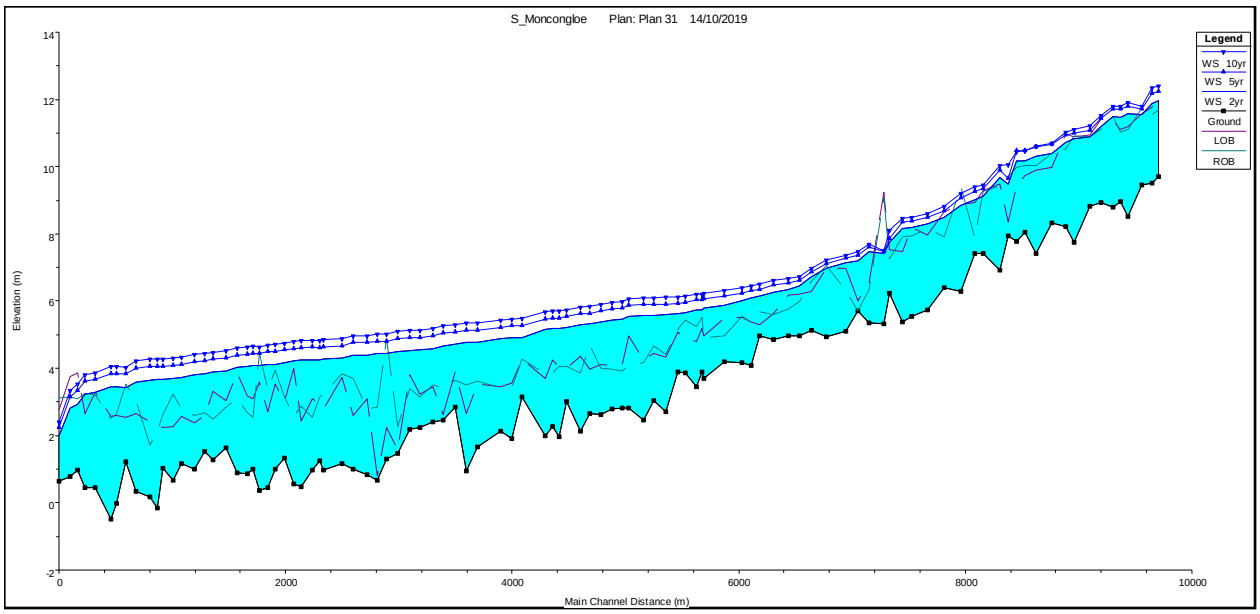
No.	Kala Ulang	Distribusi Gumbel Tipe I	Distribusi Log Pearson Tipe III
	(tahun)	(mm)	(mm)
1	2	124.503	128.701
2	5	148.017	145.038
3	10	163.585	152.533
4	20	178.518	158.398
5	25	183.255	159.598
6	50	197.847	163.647
7	100	260.194	166.932

3) Debit banjir rancangan dengan Metode Rational, Weduwen dan HSS Nakayasu disajikan pada tabel berikut.

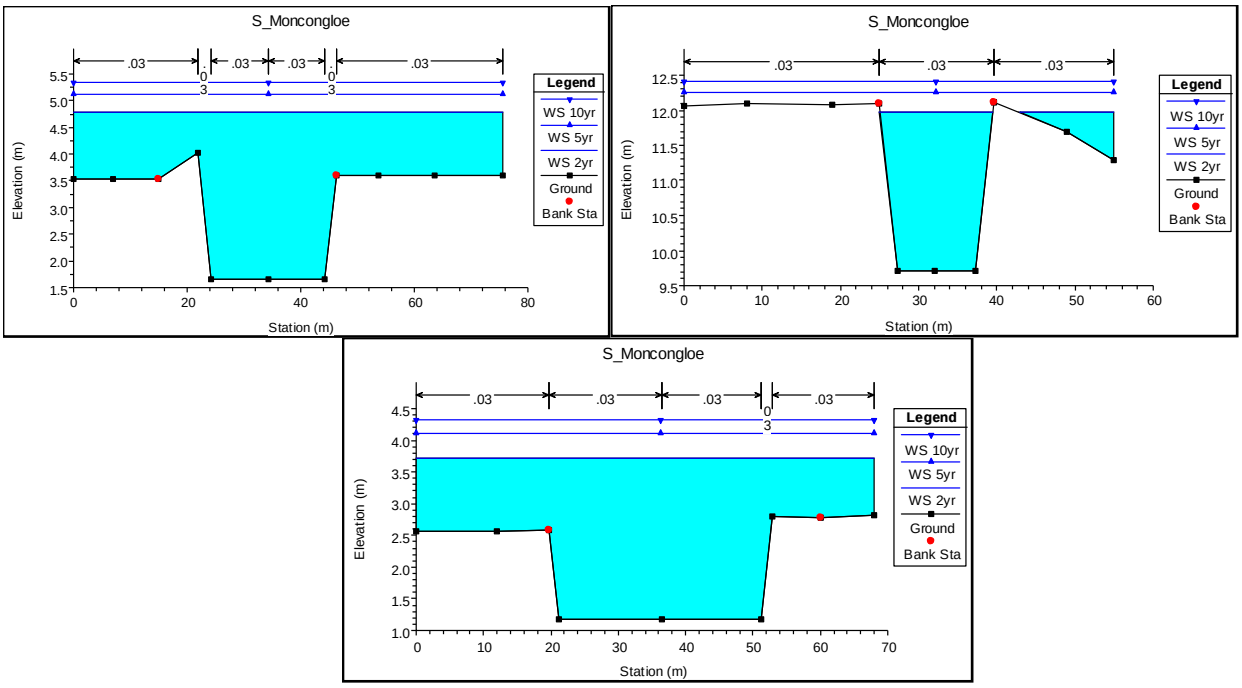
Tabel 3. Rekapitulasi banjir DAS Moncongloe

No.	**Kala Ulang (Tahun)**	**Debit Banjir Rancangan (m^3/dtk)**		
		Metode Rational Mononobe	**Metode Weduwen**	**HSS Nakayasu**
1	2	85.9044	154.0502	132.8483
2	5	102.1281	198.0951	157.9378
3	10	112.8697	227.7334	174.5493
4	20	123.1732	256.7327	190.4834
5	25	126.4417	265.6953	195.5379
6	50	136.5101	294.2113	211.1084
7	100	179.5279	322.6283	226.5640

4) Hasil analisis hidrolika dengan Aplikasi Hec-Ras 5.0.7 berupa potongan memanjang dan melintang sungai yang menggambarkan tinggi/elevasi muka air untuk berbagai kala ulang.



Gambar 3. Profil memanjang aliran pada DAS Moncongloe

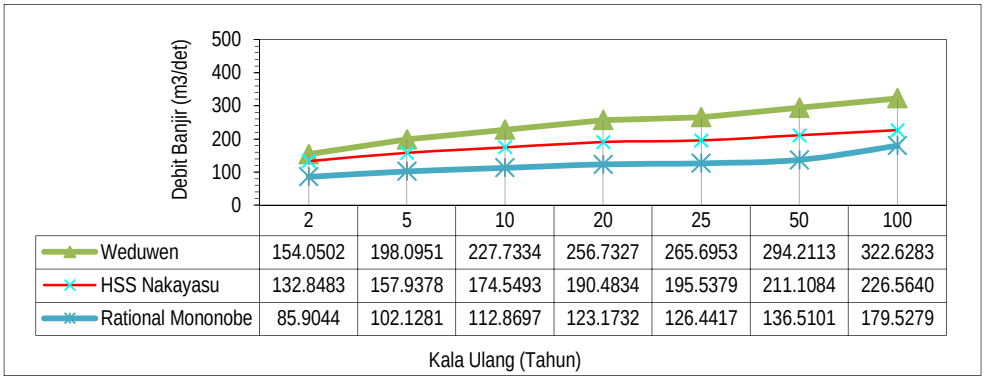


Gambar 4. Potongan melintang sungai hasil simulasi Hec-Ras 5.0.7

3. 2 Pembahasan

1) Debit banjir rancangan

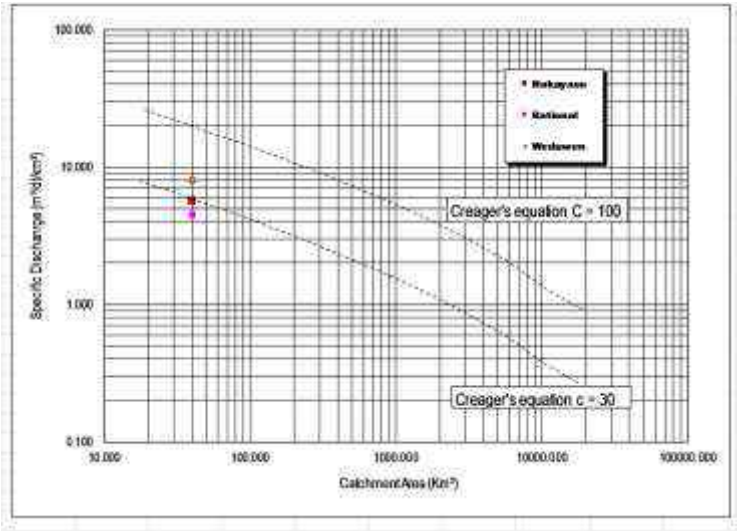
Debit banjir rancangan yang diperoleh dari 3 metode yang digunakan selanjutnya diverifikasi dengan menggunakan Grafik Creager untuk menetukan debit banjir rancangan yang paling sesuai dengan lokasi penelitian dan selanjutnya digunakan dalam analisis hidrolis:



	2	5	10	20	25	50	100
Weduwen	154.0502	198.0951	227.7334	256.7327	265.6953	294.2113	322.6283
HSS Nakayasu	132.8483	157.9378	174.5493	190.4834	195.5379	211.1084	226.5640
Rational Mononobe	85.9044	102.1281	112.8697	123.1732	126.4417	136.5101	179.5279

Gambar 5. Grafik debit banjir rancangan Sungai Moncongloe dengan berbagai kala ulang

Berdasarkan Grafik Creager tersebut di atas, untuk analisa hidrolika sungai dengan simulasi aplikasi Hec-Ras 5.0.7, digunakan hasil hitungan debit banjir dari perhitungan dengan Metode Weduwen, karena nilai Q100 yang diperoleh paling dekat dengan garis untuk C = 70, dan untuk mengoptimalkan kinerja sungai jika dilakukan normalisasi mengingat debit yang dihasilkan dari metode Weduwen lebih besar jika dibandingkan dengan 2 metode lainnya yang digunakan.



Gambar 6. Grafik Creager untuk pemilihan debit banjir

2) Kapasitas Sungai Moncongloe

Berdasarkan hasil analisis debit banjir dengan berbagai kala ulang, dalam hal ini digunakan 3 kala ulang banjir untuk menganalisis kapasitas penampang Sungai Moncongloe yaitu kala ulang banjir 2 th, 5 th dan 10 th. Dari hasil simulasi hidrolis/pengaliran sungai dengan menggunakan aplikasi Hec-Ras 5.0.7. yang disajikan dalam bentuk penampang hidrolis memanjang dan melintang, memberikan gambaran mengenai kapasitas/kemampuan sungai melewatkan debit banjir, dimana pada bagian hulu luapan banjir pada kala ulang 2 th. berkisar antara 0 sampai dengan 0,50 m; kala ulang 5 th dan 10 th berkisar antara 0,50 m sampai dengan 1,0 m. Pada bagian tengah sampai ke hilir tinggi luapan banjir untuk kala ulang 2 th. Mencapai 1,20 m dan untuk kala ulang 5 th dan 10 th. Mencapai 2,00 m. Dengan gambaran demikian dapat dikatakan bahwa kapasitas Sungai Moncongloe tidak mencukupi baik pengaliran kala ulang 2 tahun (banjir tahunan), terlebih untuk periode ulang yang lebih besar, dengan demikian diperlukan kajian dan penanganan yang lebih komprehensip untuk menjamin kelangsungan hidup masyrakat yang bermukim di sekitar lokasi sungai.

4. KESIMPULAN

1) Debit banjir rancangan yang paling sesuai untuk menganalisis kapasitas Sungai Moncongloe adalah hasil perhitungan debit banjir metode Weduwen berturut-turut sebagai berikut: Q2 th = 154,05 m^3/det; Q5 th = 198,09 m^3/det; Q10 th = 227,73 m^3/det.
2) Kapasitas Sungai Moncongloe pada periode ulang 2 th sudah tidak mencukupi dengan ketinggian luapan mencapai 1,0 m dan untuk periode ulang 5 th dan 10 th luapan banjir dapat mencapai 2 m di atas tanggul sungai.

5. DAFTAR PUSTAKA

➢ **Artikel dalam Jurnal**

[3] Suadnya D.P., dkk, Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario di Titik Kawasan Citraland, Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.3 Mei 2017 (143-150) ISSN: 2337-6732, 2017;

[4] Sunarko, dkk, Pemodelan Banjir Sungai di Daerah Aliran Sungai Balong, Jepara Jawa Tengah, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 13 No. 2, Desember 2011

➢ **Buku**

[1] Mulyanto H.R., Sungai (Fungsi dan Sifat-Sifatnya), Graha Ilmu, Yogyakarta, 2007,

[2] Sosrodarsono, S., Tominaga M., Perbaikan dan Pengaturan Sungai, Pradnya Paramita, Jakarta, 2008

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapakan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan penelitian yang diberikan, serta kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan pelaksanaan penelitian ini.

PENGGUNAAN POLA SISTEM HANDIL SEBAGAI DASAR PENGEMBANGAN BENTUK PERDESAAN MENUJU PERKOTAAN DI BAGIAN HILIR KALIMANTAN

Wijanarka[1)], Haiki Mart Yupi[2)] dan Hibnu Mardhani[3)]
[1)]*Dosen Jurusan Arsitektur Universitas Palangka Raya (UPR), Palangka Raya*
[2)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya (UPR),Palangka Raya*
[3)]*Ketua Ikatan Ahli Perencanaa (IAP) Daerah Kalteng, Palangka Raya*

ABSTRACT

This paper is one of the results of the first year of the three years research plan (2019-2021). The objective of this research is to formulate an alternative of modification of the handil pattern system as a basis for developing new urban areas in the downstream region of Kalimantan. To achieve this goal, the formulation is based on exploratory studies of several settlements and urban areas that were previously tidal agrilturalural land areas formed by the handil system. In addition, this study also concerns settlements where the handil system still exists. This research is located in Banjarmasin, Kuala Kapuas, Pontianak, several transmigrant settlements on Petak Island, and in the village of Kalawa. The results of the study, formulated 6 alternatives as a basis for establasing cities. Fuhtermore, the six alternatives in the second year of research were futher studied in order to get a city that is reliable for sea level rise and can mitigate tidal flood disasters.

Kata kunci : *Sistem handil, perkotaan, hilir, Kalimantan.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai wilyah yang kerentanannya tinggi terhadap perubahan iklim. Hal ini ada kaitannya dengan kondisi wilayah Indonesia yang merupakan kepulauan yang memiliki jumlah pulau yang sangat banyak. Perubahan iklim yang sedang terjadi ini, mengakibatkan dampak yang besar terhadap masyarakat perkotaan pesisir di Indonesia. Fenomena naiknya muka air laut ini dikenal dengan *Sea Level Rise* (SLR) yang berakibat menimbulkan ancaman terhadap kota-kota di wilayah pesisir yang merupakan bagian hilir. Kenaikan muka air laut yang sedang melanda, kini mengancam keberadaan kota-kota di bagian hilir. Dalam sejarahnya, kota di bagian hilir berkembang dari suatu permukiman yang seringkali dalam permukiman awal mula tersebut terdapat kearifan lokal. Handil – Saka merupakan salah satu kearifan dari permukiman di bagian hilir, yang bertujuan mengelola aliran pasang surut sungai pada suatu lahan pertanian akan lahan basah yang berhandil-saka tersebut dapat dijadikan lahan pertanian. *Handil–Saka* adalah kearifan lokal, diciptakan oleh masyarakat bagian hilir Kalimantan untuk mengatur pasang surut air ke lahan basah agar dapat difungsikan sebagai lahan pertanian. Dalam sejarah sistem irigasi pasang surut di Kalimantan, *handil–saka* adalah sistem tertua. Saat ini, lahan pertanian yang dibentuk dengan sistem *handil–saka*, ada yang berkembang menjadi permukiman dan kota. Kaitannya dengan pengembangan kota, bentuk kota yang dibangun di lahan basah yang ada *handli–saka*-nya tersebut tidak memperhatikan, mengadaptasikan dan mengembangkan *handil-saka* yang ada. Akibatnya, *handil-handil* dan *saka-saka* di wilayah kota, kini hilang, sehingga beberapa kawasan kota mulai kebanjiran air pasang

Dalam perkembangannya, Permukiman-permukiman di bagian hilir yang dipengaruhi sungai pasang surut, dalam sejarah pengembangannya menjadi kota, dikembangkan bentukkanya tanpa mengacu kepada perilakualiran pasang surut sungai. Permukiman-permukiman yang awalnya memiliki Handil-handil dan saka-saka, kini banyak yang menghilang. Akibatnya, ruang-ruang kota yang dihasilkan tak mengakomodir perilaki arus pasang surut sungai sehingga sejumlah kawasan kota mengalami banjir waktu sungai pasang. Dengan adanya kenaikan muka air laut, dikawatirkan ruang-ruang kota pada perkotaan bagian hilir akan lebih terancam banjir akibar peningkatan arus pasang sungai. Untuk itu perlu dicarikan alternatif solusi sebagai upaya mitigasi kenaikan muka air laut bagi ruang-ruang kota di bagian hilir. Dalam penelitian ini, arternatif solusi yang dijadikan dasar pengembangan adalah kearifan Handil – Saka.

Berdasarkan permasalahan ini, bertujuan yang akan dicapai adalah merumuskan alternatif modifikasi pola sistem *handil – saka* sebagai dasar bentuk kota baru yang akan dibangun di bagian hilir Kalimantan. Untuk mencapai tujuan, rumusan didasari oleh kajian explorasi beberapa permukiman dan kota yang awalnya merupakan lahan pertanian pasang surut dengan sistem *handil-saka*. Selain itu dikaji juga suatu permukiman

[1]Korespondensi penulis : Wijanarka, Telp 081349255600, wijarnarka@arch.upr.ac.id

yang sistem *handil-saka*-nya hingga kini tetap lestari. Lokasi penelitian berada di Banjarmasin, Kuala Kapuas, Pontianak, beberapa permukiman transmigran di Pulau Petak dan di kampung Kalawa.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan mengeluarkan produk model bentuk ruang kota, oleh karenanya, metode yang digunakan adalah metode perancangan rekayasa. Penelitian ini direncanakan selama 3 (tiga) tahun. Dalam setiap tahunnya, penelitian ini dilaksanakan selama 7 (bulan) terhitung mulai bulan April hingga bulan Oktober.

Tahun pertama adalah merumuskan model modifikasi handil-saka. Dalam proses perumusan modifikasi handil saka, terlebih dahulu dilakukan studi pemkembangan bentuk kawasan kota dan permukiman-permukiman yang dulunya terdapat kearifan handil saka. Bahan penelitian sebagai fokus dan variabel utama dalam studi perkembangan bentuk adalah aspek fisik urbanisme yang menekankan pada *thoroughfares* (Jalan utama atau jalan terbuka di kedua ujungnya), jenis bangunan, *frontages* (the fasade of building / bagian depan bangunan) dan *streetscapes* (penampilan atau pandangan dari sebuah jalan). Obyek penelitian adalah kawasan perkotaan lahan basah pasang surut di Kalimantan yang dulunya terdapat jejaring irigasi tradisional. Lokasi obyek penelitian adalah Kuala Kapuas, Banjarmasin, Pontianak, Tembilahan dan beberapa permukiman transmigrasi di Pulau Petak. Temuan studi perkembangan bentuk ini selanjutnya dijadikan dasar dalam memodifikasi pola handil-saka. Hasil modifikasi pola handil – saka ini merupakan draf model yang akan diuji dan dikembangkan dalam tahun ke-2.

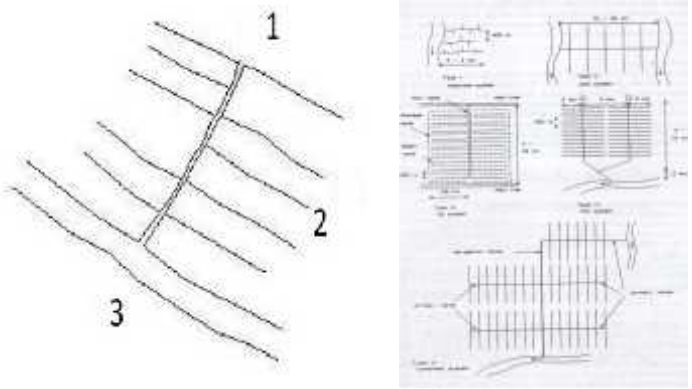
Tulisan ini merupakan bagian dari tahun pertama penelitian. Oleh karenanya tulisan ini hanya bertujuan merumuskan alternatif bentuk dasar pengembangan desa menuju kota berdasarkan pola sistem handil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1. Sistem Handil Dan Modifikasinya Dalam Kontek Irigasi Pasang Surut

Sistem handil merupakan sistem tata air tradisional yang rancangannya sangat sederhana berupa saluran yang menjorok masuk dari muara sungai[1,2]. Handil berasal dari bahasa Belanda, *Anndeel* yang artinya kerjasama atau gotong-royong, maksudnya adalah bekerjasama atau bergotong royong dalam mengelola air pasang menjadi irigasi dalam suatu lahan yang dipengaruhi sungai pasang surut. Di Sumatera, handil dikenal dengan nama Parit. Di bagian hilir Sungai Barito, handil berarti suatu luasan lahan atau area pertanian yang dibuka dengan sekaligus membuat salurun tegak lurus sungai dan menjorok ke dalam lahan atau area pertanian.Umumnya handil memiliki lebar 2 - 3 m, dalam 0,5 - 1 m dan panjang masuk dari muara sungai 2 - 3 km. Jarak antara handil satu dengan yang lainnya berkisar 200 - 300 m. Adakalanya panjang handil ditambah atau diperluas sehingga luas yang dikembangkan dapat mencapai 20 - 60 Hektar.

Berdasarkan sistem Handil ini, kini dalam irigasi pasang surut telah berkembang 4 (empat) modifikasi[3], yaitu 1) Sistem Anjir, 2) Sistem Sisir (Rib) ,3) Sistem Garpu (Fork) dan 4) Sistem Kombinasi. Sistem-sistem tata air pasang surut ini pada awalnya dipergunakan untuk pertanian / perkebunan, dan dalam perkembangannya pada bagain-bagian tertentu dalam sistem tersebut berkembang menjadi permukiman, baik yang berkembang secara alami maupun yang berkembang secara sengaja dengan desain.



Gambar 1. Prototipe sistem handil dan pengembangannya (Sumber : Suryadi, 1996)

2.2. Belajar Dari Banjarmasin, Pontianak, Kuala Kapuas, Kampung Kalawa & Permukiman Transmigrasi Di Pulau Petak

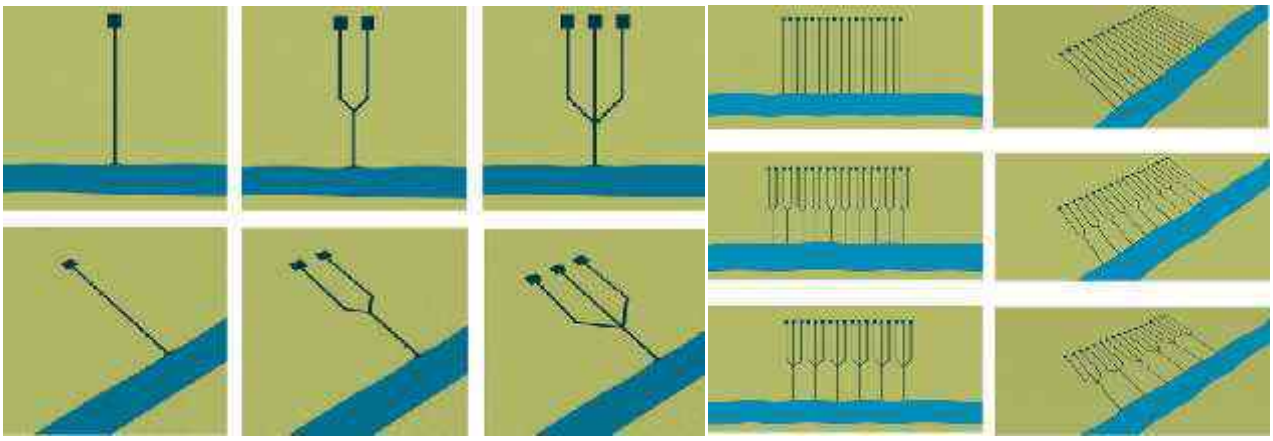
Bagian hilir Kalimantan, hampir seluruhnya berupa lahan datar dengan kemiringan 0 - 8% yang oleh karenanya, bagian hilir Kalimantan sangat dipengaruhi oleh pasang surut sungai. Jarak masuknya air pasang ke bagian hilir Kalimantan ini bisa mencapai puluhan km dari pantai. Sebagai contoh, kota Sampit yang berjarak sekitar 50 km dari pantai dan kota Pulang Pisau yang berjarak sekitar 70 km dari pantai masih dipengaruhi oleh pasang surut sungai dalam waktu 24 jam. Adanya kondisi yang demikian, dan berdasarkan kajian Sistem Handil dalam Perkembangan Kota dan Sistem Handil dalam permukiman diatas, pelajaran yang didapat[4,5] adalah : 1). Dalam rangka mewujudkan kota di bagian hilir Kalimantan kiranya perlu direncanakan dan disiapkan alur dalam wilayah perkotaan yang berfungsi untuk memasukkan atau mengalirkan secara terarah air pasang agar air pasang tersebut tak menggenangi jalan lingkungan kota maupun kawasan terbangun kota. 2). Sistem Handil awalnya merupakan sistem dasar irigasi pasang surut. Dengan perilaku pergerakan air pasang dan air surut pada saluran handil yang tak meluber ke lahan pertanian waktu itu, sistem handil dapat dipakai sebagai salah satu alternatif mewujudkan kota dibagian hilir Kalimantan yang keberadaannya sangat dipengaruhi pasang surut sungai. Bila dulu dalam sistem handil lahan yang tak tergenang air pasang itu utk bercocok tanam, kini dalam kontek kota, lahan yang tak tergenang air pasang itu dapat dijadikan sebagai kawasan terbangun kota. 3). Agar handil-handil di perkotaan nantinya tetap lestari, kiranya perlu sosialisasi atau informasi yang terus menerus dan turun-temurun tentang fungsi utama handil sebagai saluran pengarah untuk memasukkan air pasang agar air pasang tak meluber ke kawasan terbangun kota. 4). Dalam mewujudkan kota Handil, kearifan lokal dari kampung Kalawa dapat diadaptasikan dalam pola permukiman. Pembagian wilayah RT (Rukun Warga) juga sebaiknya berdasarkan pola desain handil. Ketua RT sebaiknya bertugas juga sebagai Kepala Handil, Wakil Ketua RT sebaiknya bertugas juga sebagai Kepala Padang, dan Sekretaris RT sebaiknya bertugas juga sebagai Penggerak. Nama RT-nya pun sebaiknya menggunakan nama Handil, misal RT Handil A-1 atau RT Handil C-2. Dan, 5). Pada bagian hilir Kalimantan juga merupakan sebaran lahan gambut dimana sebagian besar masuk kategori sangat dangkal (< 50 cm) hingga sedang (100 – 200 cm), dan pada bagian selatan Kalimantan, tepatnya di bagian selatan Kalimantan Tengah terdapat lahan gambut kategori Tebal (200 – 400 cm) hingga Tebal sekali (800 – 1200 cm). Dengan tak menjadikan lahan gambut berketebalan Sedang hingga sangat tebal sebagai kawasan perkotaan dan membiarkanya sebagai kawasan gambut merupakan langkah yang bijak dalam mengkonservasi lahan-lahan bergambut tersebut.

2.3. Prototipe Sistem Handil Sebagai Bentuk Dasar Pengembangan

Belajar dari Banjarmasin, Pontianak, Kuala Kapuas, Kampung Kalawa dan Beberapa Permukiman Transmigrasi di Pulau Petak, pd prinsipnya ada 3 (tiga) prototipe sistem handil. Prototipe 1 merupakan prototipe dasar yang pada akhirnya disepanjang saluran handil berkembang permukiman yang berpola linear mengikuti saluran handil.

Prototipe 2 merupakan pengembangan dari prototipe 1 yang pada prinsipnya berpola seperti garpu dengan 2 (dua) jari. Berkaitan dengan arus pergerakan air pasang surut, prototipe 2 (dua) ini berbeda dengan protipe 1. Bila pada prototipe 1 pergerangan arah pasang surut mengarah ke satu saluran, pada prototipe 2 ini arah pergerakan air pasang susut, pada posisi tertentu dibagi ke dua saluran lengannya. Pada prototipe 2 (dua) ini, unit-unit permukiman transmigrasi diletakkan pada saluran utama dan pada kedua jari saluran. Akhir ke dua jari saluran dibuat kolam penampungan air.

Prototipe 3 (tiga) merupakan pengembangan dari prototipe 1 (satu) yang pada prinsipnya berpola seperti garpu dengan 3 (tiga) jari. Berkaitan dengan arus pergerakan air pasang surut, sama halnya prototipe 2, pada prototipe 3 (dua) ini, arah pergerakan air pasang susut, pada posisi tertentu dibagi ke tiga saluran jarinya. Pada prototipe 3 (ini) ini, unit-unit permukiman transmigrasi diletakkan pada saluran utama dan pada ketiga jari saluran. Akhir dari ke tiga jari saluran dibuat kolam penampungan air.

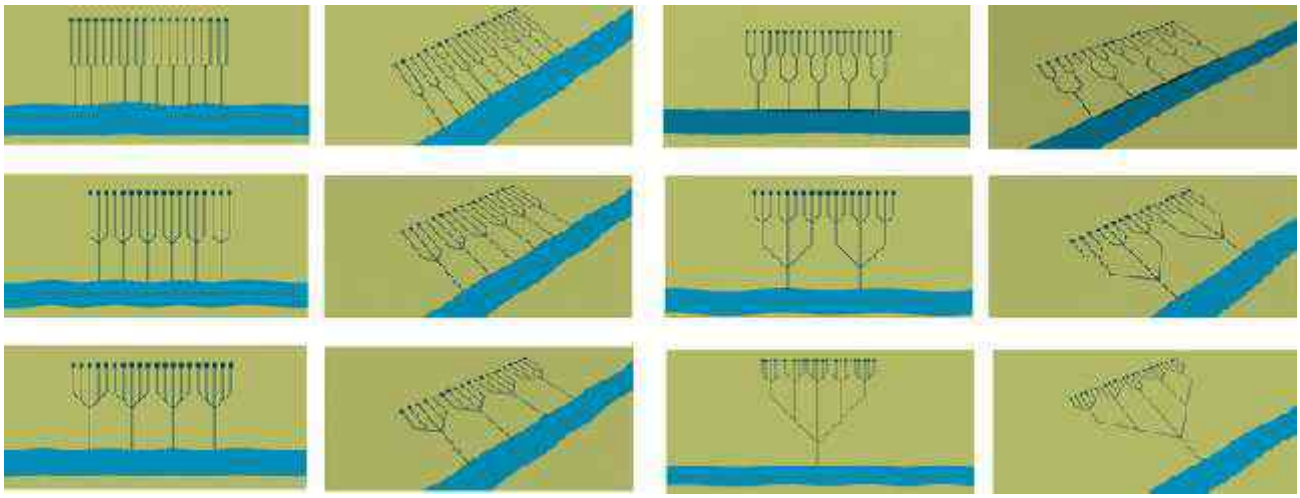


A B

Gambar 2. Tampak atas dan tiga dimensi prototipe 1, 2 dan 3 (A). Tampak atas dan tiga dimensi prototipe 1,2 dan 3 bila disusun dalam wilayah kota (B)

3. Alternatif Bentuk Dasar Pengembangan Desa Menuju Kota Berdasarkan Pola Sistem Handil

Berdasarkan prototipe sistem handil, dirumuskan 6 (enam) alternatif bentuk dasar sebagai pembentuk pengembangan desa menuju kota di bagian hilir Kalimantan. Keenam alternatif bentuk dasar tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alternatif pola bentuk kota berdasarkan sistem handil

4. Contoh Penerapan : Mewujudkan Kota Seribu Handil Di Kuala Kapuas

Kata seribu, seringkali dipakai utuk menjuluki suatu kota yang didalamnya banyak sekali atau banyak dijumpai suatu obyek / elemen kota. Sebagai contoh, karena banyak sekali sungainya, Banjarmasin dijuluki Kota Seribu Sungai, karena banyak sekali Paritnya, Pontianak dan Tembilahan dijuluki Kota Seribu Parit, karena banyak sekali klentengnya, Singkawang dijuluki sebagai Kota Seribu Klenteng dan karena banyak tamannya, Probolinggo dijuluki sebagai Kota Seribu Taman. Bahkan ada bangunan kolonial Belanda yang banyak sekali pintunya kini dinamai Gedung Lawang Sewu (Pintu Seribu).

Kuala Kapuas, ibukota kabupaten Kapuas di Propinsi Kalimantan Tengah merupakan perkotaan yang berkembang di lahan basah pasang surut. Karena merupakan lahan basah pasang surut, dalam wilayah perkotaan Kuala Kapuas maupun di sekitarnya, dapat dipastikan adanya sistem irigasi tradisional. Sistem irigasi tradisional ini dikenal dengan nama Handil. Handil-handil yang ada diperkotaan Kuala Kapuas tersebut, antara lain : Handil (H) Sei Parit, H Bagunan, H Baru Bengkok, H Baru Bujur, H Parai Mas, H Usang, H Sakakehu, H Batawa, H Lilis, H Sakapiran, H Rimbut, H Hampatunh, H Barasau, H Seibu, H Rungun, H Kidang, H Panamas, H Basarang, H Paku, H Maluwen Kecil, H Tungkui, H Tanggiran, H Robong, H Sempurna, H Jalapang, H Bakengkeng, H Nangka, H Rungun dan masih banyak lagi. Karena banyak sekali

handilnya, tulisan ini bertujuan memberikan alternatif konsep dasar mengembangkan perkotaan Kuala Kapuas berdasrkan Sistem Handil sehingga keberadaan handil tetap lestari dan terjaga. Melaui konsep ini diharapkan handil menjadi salah satu elemen khas perkotaan lahan basah pasang surut Kalimantan.

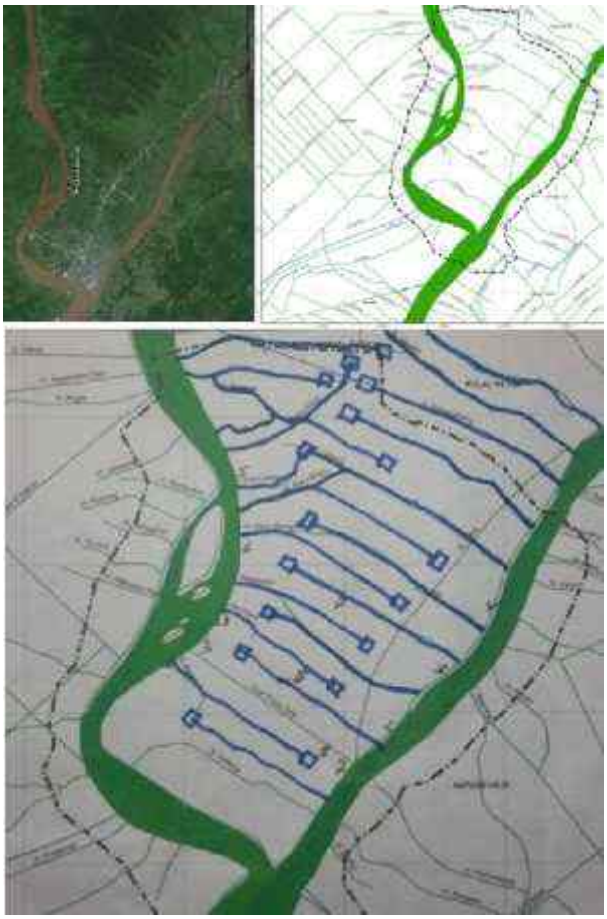
Telah diuraikan diatas, dalam perkotaan Kuala Kapuas maupun disekitarnya banyak sekali handilnya. Selain itu, lahan perkotaan Kuala Kapua juga sangat dipengaruhi oleh pasang surut sungai. Oleh karenanya, Kuala Kapuas merupakan salah satu kota di Kalimantan terutama kota di bagian hilir Kalimantan yang punya potensi dan peluang menjadi salah satu kota khas Kalimantan. Dengan mengembangkan Kuala Kapuas sebagai kota berbasis keairan, mempertimbangan adanya peningkatan muka air laut dan secara khusus mempertahankan / mengadaptasikan sistem handil, cepat atau lambat, Kuala Kapuas akan menjadi Model Kota Handil-nya Kalimantan. Sebagai langkah awal adalah 1). Identifikasi Handil, kemudian mengkaji permasalahannya, 2). Merekonstruksi dan Menyelamatkan Handil melalui rencana / pembangunan dua jalan yang sejajar dan mengapit Handil. Dua jalan yang mengapit handil tersebut diberi nama sesuai nama handil, misal Jl. Handil Lilis atau Jl. Handil Baru Bujur, 3). Menjadikan lahan antara jalan yang sejajar handil dengan handil sebagai jalur hijau sempadan handil. Lahan antara jalan dan handil jangan terlalu lebar karena bila lebar lahan itu akan berpotensi berkembang jadi rumah-rumah spontan atau bangunan. Penelitian tentang Perkembangan Arsitektur Kanal di Banjarmasin, kanal yg diapit oleh dua jalan yang sejajar kanal, keberadaan kanalnya paling lestari dalam perkembangan waktu, 4). Pembagian wilayah Rukun Warga (RW) atau Rukun Tangga mengikuti pola handil sehingga setiap warga RW atau warga RT memiliki tanggung jawab menjaga kelestarian handil melalui kerjasama / gotong royong / kerja bakti rutin satu, atau dua minggu sekali atau sebulan sekali dan 5). Mungkin perlu merencanakan handil-handil baru di wilayah perkotaan Kuala Kapuas. Karena ketika berkaitan dengan lahan pertanian jarak antar sekitar 200 – 300, dan ketika berkembang menjadi perkotaan dimana menjadi kawasan terbangun, jarak antar handilpun harus semakin pendek dan perlu dimodifikasi dengan sistem kolam yang akan berfungsi sebagai wadah penampungan sementara air pasang.

Dengan mengangkat dan mengadaptasikan sistem handil dalam mengembangkan tata ruang dan bentuk kota Kuala Kapuas, handil sebagai wujud fisik yang dulunya berfungsi sebagai irigasi tradisional, dalam kontek perkotaan akan berfungsi sebagai alur atau wadah pergerakan air pasang sehingga kawasan terbangun kota diharapkan tidak mengalami banjir pasang. Handil sebagai sistem kerjasama yang dulunya merupakan sistem kerjasama kelompok masyarakat agar lahan basah pasang surut dapat dipergunakan sebagai lahan pertanian dengan bantuan irigasi pasang surut, dalam kontek perkotaan akan berfungsi sebagai sistem kerjasama atau gotong royong masyarakat kota agar kawasan terbangun kota tidak kebanjiran air pasang. Dan pada akhirnya adanya kelestarian handil-handil di perkotaan Kuala Kapuas dan sekitarnya, Kuala Kapuas akan menjadi Model Kota Lahan Basah Pasang Surut Dengan Sistem Handil, dan tentunya juga kemungkinan akan mendapat julukan sebagai Kota Seribu Handil.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan dalam tulisan ini adalah :

1. Handil merupakan sistem tata air pasang surut yang awalnya dipergunakan untuk pertanian dan perkebunan. Setelah berkembang menjadi kota, handil banyak yang menyempit bahkan menghilang dan fungsinya telah berubah dari saluran irigasi menjadi saluran drainase.
2. Handil perlu dilestariakan baik dari segi bentuk maupun sistem pengelolaannya, terutama pada perdesaan maupun perkotaan di bagian hilir Kalimantan yang dulunya kawasanya terdapat pola sistem Handil.
3. Sebagai langkah awal pelenstarian sistem Handil pada perkotaan yang lahan kotanya terdapat sistem handil (Kuala Kapuas misalnya), saluran-saluran Handil perlu direncanakan dua jalan yang mengapit saluran Handil. Kepada masyarakat kota tentang apa itu Handil, apa-apa saja manfaatnya dan peluang keguanaan dalam mengadapai mitigasi banjir air pasang yang melanda kota, perlu dilakukan sosialisasi
4. Dalam menghadapi kenaikan muka air laut yang sedang terjadi, pengembangan perdesaan menjadi perkotaan maupun pengembangan kota-kota di bagian hilir Kalimantan, dalam hal bentuk kiranya perlu mengadopsi bentuk-bentuk pengembangan sistem Handil.
5. Enam alternatif bentuk dasar yang dihasilkan akan dijadikan obyek kajian dalam penelitian selanjutnya (dalam penelitian tahun ke-2, 2020)



Gambar 4. Foto udara Kuala Kapuas, peta *existing h*andil dan konsep penerapan sistem handil di Kuala Kapuas

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Noo, M, Sejarah Pembukaan Lahan Gambut Untuk Pertanian Di Indonesia. - : - , 2001

[2] Subiyakto, B, Anjir, Handil Dan Saka, Budaya Material Masyarakat Banjar. - : - , 2010

[3] Suryadi. Soil and Water Management Strategies for Tidal Lowlands in Indonesia. Rotterdam : AA Balkema, 1996.

[4] Wijanarka, "Mewujudkan Kota Di Bagian Hilir Kalimantan Dengan Sistem Handil Belajar Dari Banjarmasin, Pontianak, Kampung Kalawa Dan Beberapa Permukiman Transmigrasi Di Pulau Petak Kalteng-Kalsel", in Proc Seminar Nasional Cities 2014., pp. -, 2014.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan salah satu tujuan penelitian tahun pertama dari tiga tahun penelitian yang direncanakan, yang judul penelitiannya : Model Konseptual Kota Berbasis Sungai Pasang Surut Studi Pengembangan Dan Keandalan Ruang Kota Berdasar Modifikasi Kearifan Handil - Saka Sebagai Upaya Mitigasi Kenaikan Muka Air laut. Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kemenristekdikti TA 2019. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kemenristekdikti yang telah memdanai penelitian ini.

PEMANFATAN APLIKASI ROADROID UNTUK SURVEY KONDISI JALAN DI KOTA MAKASSAR

Hasmar Halim[1)], Ismail Mustari[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This study aims to evaluate the functional road pavement conditions based on this method International Roughness Index (IRI), which is used as a basis for knowing the type of road maintenance handling. To retrieve IRI values used car vehicles that have good performance when recording IRI values. IRI values are recorded using Roadroid software that has been installed on an Android-based phone. The results of data processing from this study indicate that the Veteran Utara street only requires routine maintenance along the road. Whereas on the A.P. Pettarani street and Veteran Selatan street need regular maintenance and periodic maintenance. For Perintis Perintis street, Urip Sumiharjo street and St. Alauddin street needs routine maintenance, periodic maintenance, and road upgrading especially those that have large eIRI values.

Keywords*: International Roughness Index, Roadroid,* road condition.

1. PENDAHULUAN

Prasarana jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang-ulang akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas jalan. Sebagai indikatornya dapat diketahui dari kondisi permukaan jalan, baik kondisi struktural maupun fungsionalnya yang mengalami kerusakan. Kerusakan jalan disebabkan antara lain karena beban lalulintas berulang yang berlebihan (*overloaded*), panas/suhu udara, air dan hujan, serta mutu awal produk jalan yang jelek. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalulintas selama umur rencana. Pemeliharaan jalan rutin maupun berkala perlu dilakukan untuk mempertahankan keamanan dan kenyamanan jalan bagi pengguna dan menjaga daya tahan/keawetan sampai umur rencana.

Kenyamanan pengemudi dipengaruhi oleh tingkat ketidakrataan permukaan jalan, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan kondisi jalan secara berkala. Survei kondisi perkerasan perlu dilakukan secara periodik baik struktural maupun non struktural untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan yang ada. Pemeriksaan nonstruktural (fungsional) antara lain bertujuan untuk memeriksa kerataan (*roughness*), kekasaran (*texture*), dan kekesatan (*skid resistance*). Pemeriksaan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui nilai tingkat ketidakrataan permukaan jalan. Pengukuran ini digunakan dalam program perencanaan pemeliharaan atau peningkatan jalan.

Salah satu parameter kondisi jalan yang dapat digunakan adalah IRI (*International Roughness Index*). IRI adalah kerataan permukaan jalan yang dinyatakan dengan jumlah perubahan vertikal permukaan jalan untuk setiap satuan panjang jalan (mm/km). Untuk mengetahui tingkat kerataan permukaan jalan dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan berbagai cara/metode yang telah direkomendasikan oleh Binamarga maupun AASHTO [1].

Dalam pelaksanaannya, pengukuran tingkat kekasaran jalan memerlukan biaya yang cukup tinggi. Mengingat keterbatasan alokasi dana survey pada dinas-dinas pekerjaan umum di daerah maka sebagai alternatif dapat digunakan aplikasi pengukuran tingkat kerataan permukaan berbasis android yaitu *Road Roid*. Aplikasi menjadi pilihan praktis yang memiliki kelebihan dari segi harganya yang relatif murah, menghasilkan data yang akurat, dan mudah dalam pengoperasiannya. Road Roid adalah program yang dikembangkan di Swedia oleh Lars Forsflof dengan *prototype* pertama yang muncul di tahun 2002 dan dikembangkan hingga saat ini.

Dari beberapa penelitian terdahulu terkait dengan kajian tentang kerusakan jalan dan seperti yang dikemukakan antara lain oleh [2] dan [3]. Sedangkan metode pengukuran tingkat kerataan permukaan jalan [4], [5], [6], [7] dan [8]. Sedangkan kebaharuan dari penelitian ini adalah pendekatan terhadap metode/alat pengukuran tingkat kerataan permukaaan jalan. Pendekatan dilaksanakan untuk mengkaji tingkat kerataan permukaan jalan dengan menggunakan aplikasi Roadroid.

[1] Korespondensi penulis: Hasmar Halim, Telp. 08124180242, hasmar29@poliupg.ac.id

Berdasarkan hal tersebut, maka studi ini untuk menentukan nilai tingkat ketidakrataan permukaan jalan (IRI) berdasarkan rentang pembacaan pada alat Road Roid yang secara umum menggunakan rentang 100 m.

2. METODE PENELITIAN

Tujuan metodologi ini adalah menjelaskan tata cara dalam mendapatkan data-data pokok baik data primer maupun data lain yang diperlukan, yang selanjutnya akan digunakan dalam pengolahan dan juga analisa data dalam rangka mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan yang diharapkan, yaitu menilai kondisi perkerasan jalan untuk mengukur ketidakrataan permukaan perkerasan jalan.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan nasional di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan, Jalan Urip Sumiharjo, Jalan A.P. Pettarani, Jalan St. Alauddin, jalan Veteran Utara dan Jalan Veteran Selatan.

2.2. Pengaturan Aplikasi Road Roid

Hal utama yang perlu dipersiapkan untuk pengoperasian Road Roid yaitu media device berupa Handphone Android yang mempunyai spek yang lebih tinggi dengan sistem Operasi Android minimal versi 4.4. Tiap ponsel hanya mendapatkan Satu username dan password untuk Mengakses website, berdasarkan No IMEI ponsel tersebut.

Selain itu, diperlukan car holder untuk meletakkan ponsel diatas dashboard mobil. Mobil yang digunakan masih dalam performa terbaik (biasanya usia mobil maksimal 5 tahun). Performa mobil sangat mempengaruhi akurasi data IRI yang didapat. Semakin buruk performa mobil, goncangan/getaran dalam mobil semakin besar sehingga mengakibatkan data IRI yang terbaca lebih besar dari seharusnya. Peralatan lain yang dibutuhkan adalah daftar peta jalan yang akan disurvey dan stabilo untuk menandai jalan yang sudah disurvey agar tidak disurvey lebih dari sekali.

Tahapan berikutnya adalah Kalibrasi devices. Langkah-langkah kalibrasi adalah dengan meletakan ponsel pada dashboard dalam posisi stabil. Mengacu pada Gambar 1, (1) klik ikon aplikasi Road Roid, (2) klik ok, (3) klik fitting adjusment, lalu akan muncul nilai X,Y,Z dalam warna kuning. Tunggu sampai seluruh nilai X,Y,Z berwarna hijau setelah itu klik OK.

Gambar 1. Pengaturan awal Aplikasi Road Roid

Aplikasi Road Roid dalam ponsel perlu diatur menyesuaikan kondisi medan dan jenis kendaraan yang akan digunakan ketika survey. Beberapa parameter yang diatur diantaranya adalah email pribadi, tipe ponsel, tipe kendaraan, sensitivitas cIRI, panjang tiap segmen cIRI, pengambilan foto otomatis, batas minimum kecepatan kendaraan, tombol polisi tidur, dan orientasi ponsel, dll. Untuk mengambi data suatu ruas jalan, survey dimulai dari ujung pangkal ruas dan mulai pengambilan data dengan klik (Start/stop sampling), kemudian memberi nama ruas jalan tersebut dengan kode yang mudah dan terintegrasi dengan ruas jalan lain. Setelah itu, membiarkan Road Roid bekerja hingga ujung akhir ruas. Ketika sampai di ujung akhir ruas maka pengambilan data diberhentikan dengan klik (Start/Stop Sampling) sekali lagi. Data kondisi dan dokumentasi ruas jalan tersebut sudah tercatat dalam devices, dan surveyor bisa memulai survey untuk ruas lainnya dan begitu seterusnya. Ketika ada sinyal internet, sebaiknya data ini segera diunggah ke internet mengingat memori ponsel terbatas.

Data survey ini selanjutnya akan tersimpan di Internet dan dapat dicek dengan masuk ke alamat roadroid.com. Selanjutnya, login dengan user dan password devices untuk pengambilan data. Data yang dapat

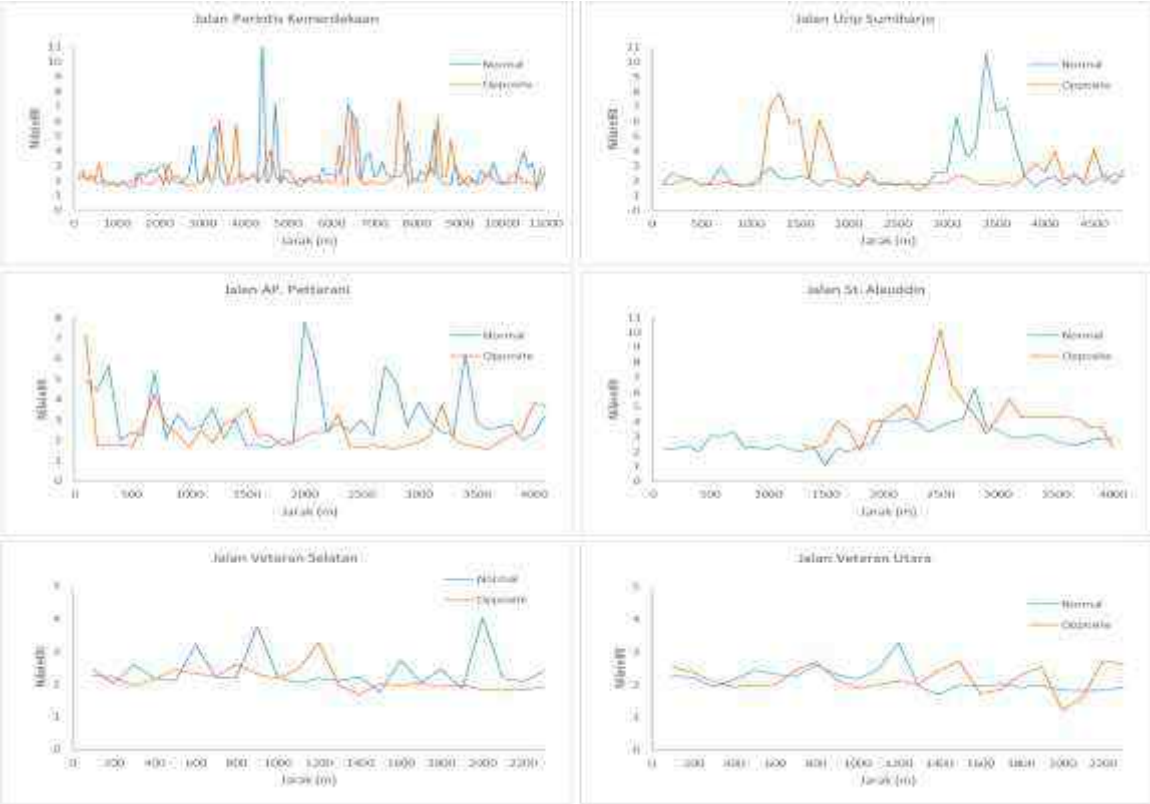
diperoleh dari survey ini adalah: KML File dan Shape File yang dapat di-generate pada aplikasi peta seperti Geogle Earth, Geogle Map dll. Data dalam bentuk file (*.txt) yang dapat di -generate untuk setiap ruas jalan dengan segmen minimal setiap 20m, 50m, dst. Data tersebut berisi : (i) waktu dan tanggal survai (ii) Nama ruas (iii) posisi GPS (iv) KM/jarak (v) Kecepatan (vi) perubahan alinyemen vertikal jalan (vii)eIRI dan (viii) cIRI. Berdasarkan pengalaman dan hasil analisis, sebaiknya eIRI yang digunakan sebagai acuan. [10]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai ketidakrataan jalan yang ditinjau dipengaruhi oleh besarnya nilai Roadroid yang didapat pada saat survei, dimana semakin besar nilai Roadroid yang dihasilkan maka semakin besar pula nilai ketidakrataan (IRI) jalan tersebut yang akan menghasilkan kondisi rusak ringan dan rusak berat semakin panjang. Faktor penyebab nilai Roadroid bertambah ialah kuantitas dan letak dari jenis kerusakan aspal yang semakin meluas, dimana dengan tidak adanya penanganan serius maka tingkat kualitas dari jalan akan menurun drastis yang disebabkan oleh lalu lintas harian yang membebani jalan nasional cenderung dilewati oleh kendaraan berat, mengingat lokasi studi merupakan nasional yang berada di Kota Makassar.

3.1 Penilaian Kondisi Jalan

Berdasarkan hasil survey diperoleh nilai kondisional terkini dari keenam ruas jalan maka nilai kondisi berdasarkan metode IRI masing-masing dijabarkan pada dalam grafik pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Grafik Nilai eIRI

Dari Gambar 2 diketahui nilai eIRI ruas Jalan Perintis Kemerdekaan arah Normal (arah meninggalkan Kota Makassar) diketahui bahwa nilai IRI terendah sebesar 1.52 di STA 1+300, dan nilai eIRI tertinggi sebesar 11,56 pada STA 4+400. eIRI rata-rata diperoleh 2,61. Sedangan pada ruas yang sama akan tetapi dalam arah berlawanan (opposite) diketahui bahwa nilai eIRI tertinggi terjadi di STA 7+600 dengan nilai sebesar 7,39 dan nilai terendah terjadi di STA 10+800 dengan nilai eIRI sebesar 1,35. IRI rata-rata untuk ruas ini diperoleh sebesar 2,41. Pada Jalan Urip Sumiharjo nilai eIRI rata-rata diperoleh sebesar 2,65 dan 2,60 pada arah normal dan opposite, sedangkan untuk Jalan A.P. Pettarani diperoleh nilai eIRI rata-rata masing-masing untuk arah normal sebesar 3,20 dan sebesar 2,42 untuk aral opposite. Pada Jalan St. Alauddin terdapat perbedaan panjang jalan antara arah normal dan arah opposite, hal ini dikarenakan diberlakukan sistem satu arah dari perempatan Jalan Veteran dan St. Alauddin hingga pertigaan Jalan A. Tonro. Nilai eIRI pada Jalan

St. Alauddin diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,92 arah normal dan sebesar 4,32 arah opposite. Jalan Veteran merupakan salah satu jalan yang terpanjang di Kota Makassar, Pada Jalan ini dibagi dua menjadi jalan Veteran Utara dan Jalan Veteran Selatan. Untuk jalan Veteran Utara nilai eIRI rata-rata yang dihasilkan dari aplikasi *Roadroid* adalah sebesar 2,15 pada arah normal dan pada arah opposite sebesar 2,18. Sedangkan pada Jalan Veteran Selatan nilai eIRI rata-rata diperoleh sebesar 2,40 arah normal dan pada arah opposite sebesar 2,18.

Sesuai ketentuan dari Direktorat Jenderal Bina Marga menggunakan parameter International Roughness Index (IRI) dalam menentukan kondisi konstruksi jalan dan berdasarkan nilai eIRI yang diperoleh dari aplikasi Roadroid sebagaimana yang digambarkan pada Gambar 2 maka prosentase kondisi Jalan dari keanam ruas jalan yang disurvei sebagaimana disajikan pada Gambar 3 berikut ini:

Gambar 3. Grafik Prosentase Kondisi jalan

Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata kondisi kerataan permukaan Jalan Perintis Kemerdekaan dalam keadaan baik. Hal ini dapat dilihat dari prosentase kerataan jalan yaitu arah Normal kondisi kerataan jalan kategori baik mencapai 90,91% atau setara 10 km sedangkan pada arah opposite kategori baik mencapai 92,73%. Untuk Jalan Urip Sumiharjo kondisi permukaan jalan dalam kategori baik mencapai 87,5% sedang pada arah normal sedangkan pada arah berlawanan sebesar 85,42%. Adapun pada Jalan A.P. Pettarani kondisi baik diperoleh sebesar 78,5% lebih kecil dibandingkan pada arah yang berlawanan yaitu sebesar 95,12%. Kondisi Permukaan Jalan pada Jalan St. Alauddin Hasil diketahui sebesar 90% kategori baik pada arah normal dan pada arah opposite sebesar 35,71%. Prosentase tertinggi kondisi jalan untuk kategori baik dicapai oleh Jalan Veteran. Pada di Jalan Veteran Selatan diperoleh kondisi baik mencapai 95,65% untuk arah normal dan arah opposite sebesar 100%. Adapun di jalan Veteran Utara nilai kategori baik sebesar 100% untuk masing-masing arah.

3.2 Penilaian Kemantapan Jalan

Dalam aspek kemantapan jalan pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan termasuk dalam kategori mantap dengan nilai kemantapan mencapai 99,09% untuk noraml bahkan untuk opposite mencapai 100%. Artinya ruas jalan ini berfungsi sebagaimana yang diharapkan dalam melayani pergerakan kendaraan baik dari arah Kota Makassar maupun dari arah menuju Kota Makassar. Sedangkan untuk Jalan Urip Sumiharjo nilai kemantapan jalan sebesar 97,92% dan 100% pada arah normal dan opposite. Untuk Jalan A.P. Pettarani kondisi kemantapan jalan mencapai 100% pada kondis mantap pada masing-masing arah, hal yang sama dijumpai pada Jalan Veteran Selatan. Adapun pada Jalan Veteran Utara nilai kemantapan jalan pada kondis mantap mencapai 100% pada arah normal akan tetapi pada arah opposite hanya mencapai 96,43%. Gambaran

tentang kemantapan jalan pada ruas Jalan Perintis Kemerdekaan seperti yang diperlihatkan dalam Tabel 1 berikut ini.

Table 1. Nilai Kemantapan Jalan

Nama Jalan	Arah	Kondisi Kemantapan Jalan			
		Mantap		Tidak Mantap	
		(m)	(%)	(m)	(%)
Perintis Kemerdekaan	*Normal*	10.900	99,09	100	0,91
	Opposite	11.000	100,00	0	0,00
Urip Sumiharjo	*Normal*	4.700	97,92	100	2,08
	Opposite	4.800	100,00	0	0,00
AP. Pettarani	*Normal*	4.100	100,00	0	0,00
	Opposite	4.100	100,00	0	0,00
St. Alauddin	*Normal*	4.000	100,00	0	0,00
	Opposite	2.700	96,43	100	3,57
Veteran Selatan	*Normal*	2.300	100,00	0	0,00
	Opposite	2.300	100,00	0	0,00
Veteran Utara	*Normal*	2.300	100,00	0	0,00
	Opposite	2.300	100,00	0	0,00

3.3 Kebutuhan Penanganan Jalan

Tujuan pemeliharaan jalan adalah untuk mempertahankan kondisi jalan mantap sesuai dengan tingkat pelayanan dan kemampuannya pada saat jalan tersebut selesai dibangun dan dioperasikan sampai dengan tercapainya umur rencana yang telah ditentukan. Bertitik tolak dari kondisi mantap tersebut, pemeliharaan jalan perlu dilakukan secara terus-menerus/rutin dan berkesinambungan khususnya pada jenis konstruksi jalan yang menggunakan sistem perkerasan lentur (flexible pavement).

Pemeliharaan jalan secara rutin dilakukan secara terus-menerus sepanjang tahun dan dilakukan sesegera mungkin ketika kerusakan yang terjadi belum meluas. Perawatan dan perbaikan dilakukan pada tahap kerusakan masih ringan dan setempat. Hal ini dilakukan sehubungan dengan biaya perbaikannya yang relatif rendah dan cara memperbaikinyapun relatif mudah/ringan. Pemeliharaan jalan secara berkala dilakukan secara berkala dengan melakukan pula peremajaan terhadap bahan perkerasan maupun bahan lainnya. Selain itupun, dilakukan perataan kembali terhadap permukaan jalan. Baik pemeliharaan rutin maupun pemeliharaan berkala, tidak dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan struktur.

Sebelum pengambilan keputusan terhadap tindakan terkait pemeliharaan jalan maka diperlukan suatu penilain tentang kondisi jalan. Salah satu penilaian kondisi jalan adalah dengan melakukan penilaian kondisi perkerasan jalan secara visual diperoleh dengan melakukan survey lapangan menggunakan metode eIRI diperoleh dengan survey menggunakan mobil dan memanfaatkan aplikasi Roaddroid. Dalam menentukan kebutuhan penanganan jalan sangat terkait dengan nilai eIRI yang dihasilkan dari suatu survey. Dari hasil survey dan rujukan dari Direktorat Jenderal Bina Marga, maka model kebutuhan penanganan pada masing-masing ruas jalan yang disurvei seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Kebutuhan Penanganan Jalan

Nama Jalan	Kebutuhan Penanganan					
	Pemeliharaan Rutin		Pemeliharaan Berkala		Peningkatan Jalan	
	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
Perintis Kemerdekaan	10.000	90,91%	900	8,18%	100	0,91%
	10.200	92,73%	800	7,27%	0	0,00%
Urip Sumiharjo	4.200	87,50%	500	10,42%	100	2,08%
	4.100	85,42%	700	14,58%	0	0,00%
AP. Pettarani	3.200	78,05%	900	21,95%	0	0,00%
	3.900	95,12%	200	4,88%	0	0,00%
St. Alauddin	3.600	90,00%	400	10,00%	0	0,00%
	1.000	35,71%	1.700	60,71%	100	3,57%
Veteran Selatan	2.200	95,65%	100	4,35%	0	0,00%
	2.300	100,00%	0	0,00%	0	0,00%
Veteran Utara	2.300	100,00%	0	0,00%	0	0,00%
	2.300	100,00%	0	0,00%	0	0,00%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil olah data dari studi ini dapat dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut dari enam ruas jalan yang disurvei dari dari nilai eIRI yang diperoleh maka pada Jalan Perintis Kemerdekaan diperlukan pemeliharaan rutin sebesar 91,82%, pemeliharaan berkala sebesar 7,73% dan sebesar peningkatan jalan sebesar 0,45% dari panjang total ruas jalan. Di Jalan Urip Sumiharjo diperlukan penanganan jalan berupa pemeliharaan rutin sebesar 84,46%, 12,5% untuk pemeliharaan berkala dan 1,04% untuk peningkatan jalan, sedangkan di jalan A.P. Pettarani untuk peningkatan jalan tidak diperlukan akan tetapi untuk pemeliharaan rutin diperlukan sebesar 86,59% dan pemeliharaan berkala sebesar 13,41%. Hal yang sama terjadi pada Jalan Veteran Selatan pemeliharaan rutin diperlukan sebesar 97,83% dan pemeliharaan berkala sebesar 2,17%. Pada Jalan St. Alauddin diperlukan perhatian khusus karena pada jalan ini tingkat kerusakan jalan lebih besar dibandingkan yang lainnya. Pada jalan ini diperoleh pemeliharaan rutin sebesar 62,86%, pemeliharaan berkala sebesar 35,36% dan peningkatan jalan diperlukan diketahui sebesar 1,79%. Sedangkan pada Jalan Veteran Utara hanya memerlukan pemeliharaan rutin sepanjang jalan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] W. T. Hermani, A. Setyawan and B. Yulianto, "Kondisi Kemantapan Jalan Berdasarkan Beban Lalu Lintas Dan Ketersediaan Dana Penanganan," *Jurnal Teknik Sipil,* vol. I, no. 1, pp. 89-95, 2013.

[2] H. C. Hardiyatmo, Pemeliharaan Jalan Raya, Perkerasan, Drainage, Longsoran, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2007.

[3] Wibono, Sony Sulaksono; Frazila, Russ Bona; Kusumawati, Aine; Rahman, Harmein;, Pengantar Rekayasa Jalan, Bandung: Sub Jurusan Rek. Trasportasi Jur. tek. Sipil ITB, 2001.

[4] S. Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung: Nova, 1993.

[5] Suwardo and Sugiharto, "Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI Dan RCI)," in *Simposium IV FSTPT,* Bandung, 2004.

[6] R. Fatra, Purnawan and E. E. Putri, "Analisa Kondisi Kemantapan Jalan Nasional Provinsi Riau Terhadap Volume Lalu Lintas Dan Alokasi Anggaran," *Jurnal Rab Construction Reserch,* vol. 2, no. 1, pp. 145-157, 2017.

[7] D. A. Siahaan and M. S. Surbakti, "Analisis Perbandingan Nilai IRI Berdasarkan Variasi Rentang Pembacaan Naasra".

[8] H. Iskandar, "Kajian Standar Pelayanan Minimal Jalan Untuk Jalan Umum Non-Tol," Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Jakarta, 2011.

[9] M. S. Saleh, A. Sjafruddin, O. Z. Tamin and R. B. Frazila, "Pengaruh Muatan Truk Berlebih Terhadap Biaya Pemeliharaan Jalan," *Jurnal Transportasi,* vol. 9, no. 1, pp. 79-89, 2009.

[10] D. Rudjito, D. Gunawan and H. C. Putra, "Pemanfaatan Teknologi Murah Untuk Survey Kondisi Jalan Daerah," *Buletin Infrastruktur Daerah,* vol. I, no. II, pp. 9-12, 2016.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih banyak kepada Muh. Abrorhanif Paisal dan M.Syuaib yang telah membantu proses pengambilan data dan penginputan data Roadroid.

EFEKTIVITAS PROYEK PENYERTAAN MODAL NEGARA PADA PEMBANGUNAN DERMAGA DAN REKLAMASI LAPANGAN PENUMPUKAN PETI KEMAS DI PELABUHAN SORONG

Basyar Bustan[1)], Andi Maal Latief[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The PMN program at Sorong Port in the form of Port Development and reclamation construction which was completed in 2018 with an investment value of port development of around Rp. 270 M. This investment is expected to encourage Port IV of the Sorong Indonesia Branch to overcome port density. The purpose of this study is to identify the condition of infrastructure and operational facilities at Sorong Port, analyze the potential for developing Sorong Port, and analyze the feasibility of developing Sorong Port.

The research method used is the SWOT Analysis Method. Economic feasibility analysis through IRR, NPV and Payback values. Aspects of strengths, weaknesses, opportunities and threats before the company in the Sorong Port development program carried out by the SWOT analysis show that the Sorong Port is in quadrant I of a progressive strategy, which means that the Sorong Port is a port that has opportunities to be developed. NPV, IRR, Cost Benefit Ratio, and Payback Period calculations show that the PMN project at Sorong Port in the form of Pier Development and beach reclamation for container deviations is feasible.

Keywords: *Port, Investment, Feasibility*

1. PENDAHULUAN

Sorong adalah sebuah kota yang berada di Propinsi Papua Barat yang terletak di Kawasan timur Indonesia. Kota Sorong pada mulanya merupakan salah satu kecamatan yang dijadikan pusat pemerintahan Kabupaten Sorong. Namun dalam perkembangannya telah mengalami perubahan sesuai Peraturan Pemerintah No. 31 Tahun 1996 tanggal 3 Juni 1996 menjadi Kota Administratif Sorong. Selanjutnya berdasarkan Undang-Undang no. 45 Tahun 1999 Kota Administratif Sorong ditingkatkan statusnya menjadi daerah otonom sebagai Kota Sorong.

Kota Sorong merupakan 1 (satu) dari 11 (sebelas) wilayah yang ditetapkan pemerintah sebagai KEK (Kawasan Ekonomi Khusus) yang ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2016. Penetapan KEK Sorong diharapkan dapat menjadi pusat pertumbuhan ekonomi baru di timur Indonesia yang turut sejalan dengan salah satu prinsip Nawacita, yakni membangun Indonesia dari pinggiran. Berlokasi di Distrik Mayamuk, KEK Sorong dibangun di atas lahan seluas 523,7 Ha dan secara strategis berada pada jalur lintasan perdagangan internasional Asia Pasifik dan Australia.

Saat ini pemerintah berupaya untuk menerapkan pola *integrated sea port* dengan menetapkan 7 (tujuh) Pelabuhan sebagai hub Internasional. Diantaranya adalah Pelabuhan Sorong. Tujuh hub internasional ini nantinya diintegrasikan dengan trayek tol laut domestik. Salah satu tantangan mewujudkan pola tersebut di Pelabuhan Sorong adalah menumbuhkan produksi lokal yang dapat menjamin ketersediaan muatan bagi kapal yang akan kembali dari Sorong, karena yang menjadi masalah, pada saat kapal kembali dari Sorong muatannya kosong sehingga ongkos logistik menjadi mahal.

Kesiapan dermaga, penataan lahan penumpukan, evaluasi jumlah kapal yang terus bertambah, dan poin krusial lainnya merupakan hal yang membutuhkan perhatian jika Pelabuhan Sorong direncanakan menjadi pelabuhan utama di Indonesia Timur.Hal tersebut sangat bergantung pada kesiapan fasilitas pelabuhan, khususnya dermaga penyandaran kapal dan kapasitas lapangan penumpukan petikemas.

Bersumber dari data proposal Penyertaan Modal Negara PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero), dalam rangka meningkatkan nilai dan mengoptimalkan peran Badan Usaha Milik Negara (BUMN) sebagai agen pembangunan nasional maka pemerintah memberikan anggaran Penyertaan Modal Negara (PMN) kepada beberapa BUMN dan salah satunya adalah PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero), dimana untuk PT Pelabuhan Indonesi IV (Persero) terdapat 9 lokasi Pelabuhan yang menjadi target pengembangan pelabuhan yaitu Pelabuhan Bitung, Pelabuhan Kendari New Port, Pelabuhan Tarakan, Pelabuhan Ambon, Pelabuhan Ternate, pelabuhan Sorong, Pelabuhan Manokwari, Pelabuhan Jayapura dan Pelabuhan Merauke dengan nilai investasi

[1] Korespondensi penulis: Nama A, Telp 085298596285, nama.a@poliupg.ac.id

PMN sebesar 2 Triliun Rupiah yang diberikan pada tahun 2015 untuk durasi pelaksanaan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2018.

Untuk program PMN di Pelabuhan Sorong sendiri, berupa Pembangunan Dermaga dan Reklamasi Lapangan Penumpukan yang telah selesai dilaksanakan per tanggal 14 Desember 2018 dengan nilai investasi pengembangan pelabuhan sekitar Rp 270 M (Proposal Program PMN PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero), 2015). Investasi tersebut diharapkan dapat mendorong Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Cabang Sorong untuk mengatasi kepadatan operasional pelabuhan dan target pendapatan yang dibebankan.

Adapun isu-isu kerugian BUMN atas pemberian dan PMN dan pengelolaanya pada investasi yang tidak efektif sehingga sangat penting untuk dilakukan evaluasi terhadap proyeksi pendapatan, kajian kelayakan ekonomi dan upaya-upaya strategis untuk mengetahui seberapa efektif program anggaran PMN dalam mengurai kepadatan operasional di Pelabuhan Sorong . Beberapa permasalahan yang terjadi dapat dirumuskan, bagaimana kondisi infrastruktur eksisting Pelabuhan Sorong saat ini, bagaimana potensi pengembangan Pelabuhan Sorong, apakah anggaran Penyertaan Modal Negara (PMN) efektif untuk pengembangan Pelabuhan Sorong ?

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kondisi fasilitas infrastruktur dan operasioal eksisting Pelabuhan Sorong; menganalisis potensi pengembangan Pelabuhan Sorong, enganalisis kelayakan anggaran PMN terhadap pengembangan Pelabuhan Sorong.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan masukan bagi pengambil keputusan dalam menentukan strategi pengembangan Innfrastruktur Pelabuhan Sorong selanjutnya. dapat menjadi referensi pengembangan bisnispada instansi kepelabuhanan khususnya di Pelabuhan Sorong, menjadi literatur atau referensi untuk penelitian selanjutnya yang membahas tentang manajemen pengembangan pelabuhan.

Undang Undang No. 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran, menyatakan: Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan dengan batas batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang dan bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Kepelabuhanan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan pelaksanaan fungsi pelabuhan untuk menunjang kelancaran, kemanan dan ketertiban arus lalu lintas kapal, penumpang atau barang, keselamatan dan keamanan berlayar, tempat perpindahan intra atau antarmoda serta mendorong perekonomian nasional dan daerah dengan tetap memperhatikan tata ruang wilayah.

Pelabuhan menjadi salah saatu unsur penentu terhadap aktivitas perdagangan. Pelabuhan yang dikelola secara baik dan efisien akan mendorong kemajuan perdagangan, bahkan industri di daerah akan maju dengan sendirinya. Pelabuhan menjadi jembatan penghubung pembangunan jalan raya, jaringan rel kereta api, dan pergudangan tempat distribusi. Adapun peran yang tidak kalah pentingnya adalah sebagai *focal point* bagi perekonomian maupun perdagangan dan menjadi kumpulan badan usaha seperti pelayaran dan keagenan, pergudangan, *freight forwarding*, dan lain sebagainya.

Fungsi utama pelabuhan adalah untuk perpindahan muatan dan fungsiindustri. Pelabuhan merupakan suatu perusahaan dalam sistem ekonomi yang melibatkan perubahan struktur akibat keterlibatan berbagai pihak yang terkait dengan aktifitas pelabuhan. Pihak-pihak tersebut antara lain : pengusaha pelabuhan selaku operator pelabuhan, pemilik kapal, pengirim barang selaku pemakai jasa pelabuhan dan pemerintah. Pengusaha pelabuhan melengkapi fasilitas-fasilitas terhadap keperluan kegiatan kapal di pelabuhan, peralatan tambat, kegiatan bongkar dan muat di dermaga, pengecekan barang, pergudangan, penyediaan jaringan transportasi lokal di kawasan pelabuhan lainnya. Pemilik kapal membutuhkan pelayanan kapal selama di pelabuhan seefisien mungkin sehingga waktu kapal di pelabuhan dapat dipercepat. Pengirim barang membutuhkan jaminan atas terselenggaranya aliran barang keluar masuk pelabuhan dalam keadaan baik dan lancar, sehingga biaya yang terjadi serendah mungkin.

Penyertaan Modal Negara adalah pemisahan kekayaan negara dari APBN atau penetapan cadangan perusahaan atau sumber lain untuk dijadikan sebagai modal BUMN dan/atau Perseroan Tervatas lainnya, dan dikelola secara korporasi (Pasal 1 angka 7, PP No.4 Tahun 2005).Penyertaan modal pemerintah pusat/daerah adalah pengalihan kepemilikan barang milik negara/daerah yang semula merupakan kekayaan yang tidak dipisahkan menjadi kekayaan yang dipisahkan untuk diperhitungkan sebagai modal/saham negara atau daerah pada badan usaha milik negara, badan usaha milik daerah, atau badan hukum lainnnya yang dimiliki negara. (PP No.6 Tahun 2006 Pasal 1 angka 19).

Analisis SWOT adalah analisis kondisi internal maupun eksternal suatuOrganisasi/perusahaan yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar untuk merancang strategi dan program kerja. Analisis internal meliputi peniaian terhadap faktor kekuatan (*Strengths*) dan kelemahan (*Weakness*). Sementara, analisis eksternal mencakup faktor peluang (*Opportunity*) dan tantangan (*Threaths*).

Peramalan adalah prediksi, proyeksi, atau perkiraan yang akan terjadi di masa depan. Karena masa depan itu tidak dapat dipastikan, dibutuhkan beberapa sistem peramalan baik implisit maupun eksplisit. Tujuannya adalah untuk menggunakan informasi yang ada sekarang sebagai arahan di masa depan.

Peramalan (forcasting) merupakan nilai-nilai sebuah peubah kepada nilai yang diketahui dari peubah tersebut atau peubah yang berhubungan. Meramal juga dapat didasarkan pada keahlian penilaian, yang pada gilirannya didasarkan pada data historis dan pengalaman.. Ada 2 (dua) metode peramalan yang paling umum digunakan yaitu : Analisis Time Series merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu, yang disebut data time series. Analisis Regresi merupakan salah satu metoda statistik peramalan jasa angkutan laut. Analisis regresi merupakan analisis antara variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X). Variabel bebas (X) dapat lebih dari satu.

Studi kelayakan bisnis adalah suatu perhitungan tentang layak atau tidaknya suatu proyek bisnis dalam hal ini merupakan proyek investasi. Maksud kelayakan adalah prakiraan bahwa proyek akan dapat menghasilkan keuntungan yang layak bila dioperasionalkan. Dengan menganalisisi, *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), *Internal Rate Return* (IRR), *Cost and Benefit Ratio*, *Return On Investment* (ROI)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengenai analisis tentang potensi pengembangan Pelabuhan Sorong serta analisis mengenai efektifitas program Penyertaan Modal Negara (PMN) Pada Pelabuhan Sorong dengan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mendapatkan skala prioritas tentang pengembangan pelabuhan sorong.

Kondisi Pelabuhan Sorong saat ini didapatkan dari data operasioanl pelabuhan sorong beberapa tahun terakhir untuk selanjutnya dilakukan analisis mengenai kondisi eksisting pelabuhan serta langkah-langkah prioritas untuk pengembangan selanjutnya untuk peningkatan kinerja perusahaan dengan metode SWOT, data project PMN diperoleh dari data proyek Pelabuhan Sorong untuk selanjutnya dilakukan analisis mengenai efektifitasnya terhadap kondisi eksisting Pelabuhan Sorong disertai dengan kajian kelayakan ekonomi untuk mendukung langkah strategis pengembangan Pelabuhan Sorong.

Tempat penelitian berada di Pelabuhan Sorong yang berada di Provinsi Papua Barat Kota Sorong, dengan titik koordinat 00°53'00"LS / 131°10'00"LT 00°51'00"LS / 131°13'12"LT. Propinsi dengan luas wilayah 414.800 Km2 ini terletak diantara 130' Bujur Timur dan 225' Lintang Utara-9' Lintang Selatan dengan ketinggian 3 meter dari permukaan laut dan suhu udara minimum ±23,10 C, suhu udara maksimum ±33,70 c, curah hujan tercatat 2.991 mm, curah hujan cukup merata disepanjang tahun. Luas wilayah kota Sorong 1.105 km2 yang terdiri dari 6 distrik dan 32 kelurahan.

Sumber dan jenis data yang diperoleh adalah data primer dan data sekunder, data primer dipreoleh melalui environmental scanning, wawancara langsung dan penyebaran kuesioner SWOT (lingkungan internal dan lingkungan eksternal). Unit analisis penelitian ini adalah pejabat dan staf yang turut serta dalam rencana pengembangan Pelabuhan Sorong serta responden beberapa *stakeholder* atau pengguna jasa Pelabuhan Sorong.

Adapun data sekunder merupakan data yang diperoleh langsung dari laporan dan jurnal perusahaan PT Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Cabang Sorong, baik itu data yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan dalam berbagai sumber dan cara. Dilihat dari sumber datanya, maka pengumpulan data dapat menggunakan sumber data sekunder yang merupakan sumber yang tidak langsung, misalnya lewat dokumen atau laporan-laporan terkait rancangan strategis jangka panjang perusahaan. Dilihat dari segi cara atau teknik pengumpulan datanya, maka teknik pengumpulan data dapat dilakukan dengan observasi dan dokumentasi. Observasi adalah suatu aktivitas pengamatan terhadap suatu proses atau objek tentu dengan bermaksud untuk memahami suatu fenomena berdasarkan pengetahuan atau gagasan dasar yang telah dimiliki. Dokumentasi dapat diartikan sebagai suatu cara pengumpulan data yang diperoleh dari dokumen-dokumen yang ada atau catatan-catatan yang tersimpan, baik itu dapat berupa transkrip, buku, surat kabar, dan lain sebagainya.

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode Analisis SWOT. Dengan analisis metode ini, akan diketahui rekomendasi strategi pengembangan Pelabuhan Sorong melalui posisi kuadran SWOT. Setelah itu akan dilanjutkan dengan analisis kelayakan ekonomi melalui nilai IRR, NPV dan Payback Periodnya. Dalam

proses analisis dilakukan tahapan Pengumpulan Data, Proyeksi/Peramalan (Forecasting), Analisis data Internal dan Eksternal, Analisis Kelayakan Ekonomi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ditulis dengan huruf Times New Roman, font 11, spasi 1, dan 1 kolom. Bagian ini merupakan pemaparan hasil penelitian yang sudah diperoleh baik dalam bentuk gambar/grafik atau tabel yang dilengkapidengan penjelasan dan analisis berdasarkan kaidah-kaidah ilmiah. Jumlah halaman keseluruhan artikel ini maksimal 6 (enam) halaman termasuk daftar pustaka.Gambar (termasuk grafik) dan tabel harus jelas dan dilengkapi keterangan gambar atau judul tabel yang proporsional.

Berdasarkan data dari PT Pelindo IV (Persero) didapatkan bahwa operasional Pelabuhan Sorong meliputi empat bisnis utama pelabuhan, yaitu kunjungan kapal, arus penumpang, arus barang, dan arus peti kemas. Namun dalam penyusunan skripsi ini akan berfokus pada bisnis pelayanan petikemas dan pelayanan kapal petikemas. Kondisi eksisting Lapangan Penumpukan Pelabuhan Sorong memiliki luas lahan 2,7 Ha, sedangkan luas tambahan Lapangan Penumpukan yang dianggarkan melalui investasi Proyek PMN seluas 5 Ha hanya sampai pada tahap pekerjaan pembangunan penahan tanah dan timbunan tanah sehingga lahan tersebut belum siap digunakan/beroperasi.Agar dapat beroperasi, lahan reklamasi tersebut harus dilanjutkan ke tahap perkerasan lantai dan pengadaan fasilitas pendukung Lapangan penumpukan menggunakan anggaran investasi internal PT Pelindo IV (Persero).

Dari data laporan operasional diperoleh nilai kinerja BOR (*Berth Occupancy Ratio*) untuk mengukur tingkat kepadatan dermaga dan nilai YOR (*Yard Occupancy Ratio*) untuk mengukur tingkat kepadatan lapangan penumpukan. Semakin tinggi angka tersebut maka semakin tinggi pula kepadatan pemakaian dermaga dan lapangan penumpukan. Sebagaimana diperoleh angka BOR dan YOR Pelabuhan Sorong pada tahun 2018 masing-masing 82,13% dan 75,21%. Angka tersebut telah melewati batas efektifitas sebagaimana telah ditetapkan oleh UNCTAD (*United Nation Corporate Trade and Development*) sebesar 70%. Sehingga untuk mengurai kepadatan tersebut dianggap perlu dilakukan pengembangan baik dari dermaga maupun lapangan penumpukan.

Dalam studi ini dilakukan proyeksi terhadap beberapa parameter yang mendukung operasional pelabuhan terkhusus pada proyeksi Kapal kaitannya dengan kebutuhan dermaga serta proyeksi arus bongkar muat petikemas kaitannya dengan kebutuhan Lapangan Penumpukan, dengan skenario sebagai berikut : Proyeksi potensi hinterland meliputi jumlah penduduk dan PDRB dilakukan dengan dua metode, yaitu metode pertumbuhan dan metode time series (trend data) untuk mendapatkan proyeksi moderat. Proyeksi kunjungan kapal dilakukan dengan cara membagi arus bongkar muat petikemas dengan kapasitas kapal petikemas yang berkunjung ke pelabuhan. Proyeksi arus bongkar muat peti kemas dilakukan dengan dua metode, yaitu metode pertumbuhan dan metode regresi untuk mendapatkan proyeksi moderat. Metode regresi menggunakan variabel bebas jumlah penduduk dan PDRB serta variabel terikat adalah arus bongkar muat petikemas. Regresi yang digunakan adalah regresi linear satu variable dan dua variable.

Metodologi yang digunakan dalam melakukan peramalan (forecasting) atau proyeksi arus kapal dan petikemas pada waktu yang akan datang, selama masa perencanaan pengembangan 20 tahun kedepan sampai dengan tahun 2037. Sebagai dasar peramalan adalah data statistik arus kunjungan kapal peti kemas dan petikemas masa lampau yang terjadi pada Pelabuhan Sorong sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2018.

Proyeksi dimaksudkan untuk mengetahui permintaan atas layanan kapal dan petikemas yang selanjutnya digunakan untuk menetapkan kebutuhan fasilitas pelabuhan pada tahun-tahun tertentu sesuai tahap-tahap perencanaan program pengembangan pelabuhan yang berkaitan dengan realisasi program pemerintah yakni proyek Penyertaan Modal Negara.

Indikator sosio-ekonomi yang digunakan dalam memproyeksikan permintaan adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dan jumlah penduduk di wilayah hinterland. Data histori penduduk dan PDRB diperoleh dari data yang dikeluarkan secara resmi oleh BPS. PDRB mencerminkan keadaan dan pertumbuhan perekonomian daerah, sehingga merupakan indikator yang memiliki kaitan erat dengan perkembangan perdagangan di daerah tersebut sedangkan penduduk merupakan subyek ekonomi yang membangkitkan adanya permintaan akan barang dan jasa-jasa. Jumlah penduduk dan PDRB pada tahap-tahap tahun perencanaan diproyeksikan dengan menggunakan metode regresi dan analisa pertumbuhan.

Dua skenario proyeksi dilakukan dalam meramalkan jumlah penduduk hinterland pelabuhn Sorong pada tahun tahapan perencanaan yaitu menggunakan metode trend dan metode rerata pertumbuhan sebesar

3.11% serta proyeksi moderat yang merupakan rerata dari model trend dan model rerata pertumbuhan. Dengan menggunakan data penduduk wilayah hinterland pelabuhan Sorong maka jumlah penduduk dapat diproyeksi. Untuk data PDRB wilayah hinterland pelabuhan Sorong, diketahui bahwa PDRB hinterland cenderung naik dengan rerata pertumbuhan sebesar 10,32%.

Berdasarkan arus bongkar muat peti kemas di Pelabuhan Sorong, diperoleh bahwa volume bongkar muat peti kemas dari tahun 2010 sampai 2018 cukup besar dan relatif naik dengan rata-rata pertumbuhan 5,98%. Adapun realisasi semester I tahun 2019 arus bongkar muat petikemas yang diperoleh dari dokumen laporan perusahaan yaitu 25.551 teus. Berdasarkan data operasional pelabuhan Sorong dari PT. Pelindo IV (Persero) diperoleh jenis dan ukuran kapal yang bersandar di pelabuhan Sorong. Kunjungan kapal pada tahun mendatang diproyeksikan dengan cara membagi volume muatan dengan kapasitas kapal. Kapasitas kapal yang digunakan berbeda-beda tergantung dari ukurannya.Realisasi semester I sesuai laporan perusahaan dieperoleh jumlah kunjungan kapal petikemas sebesar 67 kunjungan kapal.

Untuk mengetahui posisi perusahaan dalam kuadran TOWS, dilakukan perbandingan nilai faktor internal (kekuatan - kelemahan) untuk menentukan titik pada sumbu x dan perbandingan nilai faktor eksternal (peluang - ancaman) untuk menentukan titik pada sumbu y dengan hasil sebagai berikut :

Sumbu X	=	Strengh – Weakness
	=	1,58 – 1,46
	=	0,12
Sumbu Y	=	Opportunity – Threats
	=	1,88 – 1,40
	=	0,48

Letak Pelabuhan Sorong berada pada kuadran 1 (positif, positif) yang artinya bahwa Pelabuhan Sorong merupakan sebuah pelabuhan yang kuat dan berpeluang. Pelabuhan Sorong dalam kondisi prima dan mantap, hal ini dapat dilihat dari internal dan eksternal pelabuhan yang berada dalam situasi yang menguntungkan. Rekomendasi strategi yang diberikan adalah Progresif, artinya Pelabuhan Sorong harus terus melakukan ekspansi (perluasan) terutama perluasan terhadap area pelabuhan. Perluasan area pelabuhan diperlukan untuk menangani lonjakan arus pertumbuhan barang dan penumpang yang terjadi di Pelabuhan Sorong.

Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan Analisis faktor eksternal dan internal melalui metode SWOT, diperoleh bahwa Pelabuhan Sorong layak dilakukan pengembangan dengan anggaran PMN.

Kelayakan Ekonomi Pekerjaan Pembangunan Dermaga NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp 64.514.861.620,- . Secara teori jika NPV > 0 (positif) maka proyek tersebut layak dilaksanakan. IRR (*Internal Rate of Return*) sebesar 15,25% . Secara teori jika IRR >*discount factor* investasi maka layak dan jika IRR <*discount facto*r maka proyek tersebut tidak layak. Dengan demikian nilai IRR di atas*discount factor* 10%, sehingga proyek Perkerasan Lapangan Penumpukan layak untuk dilaksanakan. *Cost Benefit Ratio* sebesar 2,71, dimana secara teori jika *Cost Benefit Ratio* ≥ 1 maka usulan proyek tersebut dapat diterima. *Payback Period* selama 5 tahun 11 bulan, dimana waktu tersebut masih relatif di bawah dibandingkan dengan masa ekonomis konstruksi dermaga selama 10 tahun. Dengan demikian Pembangunan Dermaga tersebut layak dilaksankan.

4. KESIMPULAN

1. Kinerja operasional tahun 2018 berupa BOR (*Berth Occupancy* Ratio) sebesar 67.95% dan YOR (*Yard Occupancy Ratio*) sebesar 75.00%. Angka tersebut telah melewati batas efektifitas kinerja Pelabuhan sebagaimana telah ditetapkan oleh UNCTAD (*United Nation Corporate Trade and Development*) sebesar 70%, bila mana tidak dilakukan pengembangan dermaga dan Container yard maka akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan trafik kapal dan barang sehingga akan mencapai 100% pada tahun 2024 untuk BOR (*Berth Occupancy* Ratio) dan tahun 2025 untuk YOR (*Yard Occupancy Ratio*).
2. Panjang dermaga eksisting 221 m diperoleh nilai kinerja operasional BOR sebesar 75.40% di tahun 2018 dan setelah dilakukan penambahan panjang dermaga dari program Penyertaan Modal Negara (PMN) sepanjang 250 maka nilai BOR dapat tereduksi menjadi 35.47% yang bertahan sampai dengan tahun 2028 untuk memenuhi standar UNCTAD
3. Luasan Container Yard (CY) eksisting 2,7 Ha, nilai YOR sebesar 75% di tahun 2018. Dan setelah dilakukan penambahan Container Yard (CY) dengan luasan asumsi 5 Ha maka nilai

YOR dapat direduksi menjadi 26% yang bertahan sampai dengan untuk memenuhi standarUNCTAD (*United Nation Corporate Trade and Development*).

4. Aspek kekuatan, kelemahan, peluang serta ancaman dalam eksistensi perusahaan dalam program pengembangan Pelabuhan Sorong yang kami lakukan dengan SWOT analisysmenunjukkan bahwa Pelabuhan Sorong berada di kuadran I penerapan strategi progresif, yang berarti bahwa Pelabuhan Sorong merupakan sebuah pelabuhan yang kuat dan berpeluang untuk dikembangkan.
5. Aspek ekonomi tentang program Penyertaan Modal Negara (PMN) berupa Pengembangan Dermaga dan Reklamasi Container Yard.Terdapat sedikit perbedaan antara Nilai kontrak realisasi dengan nilai program project yang di kaji. Namun setelah dilakukan pengkajian ulang terkait kelayakan ekonomi dengan memperhitungan kembali NPV, IRR, *Cost Benefit Ratio* dan *Payback Period*. Diperoleh hasil evaluasi yang menunjukan bahwaProyek Penyertaan Modal Negara (PMN) di Pelabuhan Sorong berupa Pembangunan Dermaga dan Reklamasi Lapangan Penumpukan Petikemas layak dilaksanakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Triadmojo, Bambang.2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yoyakarta : Beta Offset
Rangkuti, Freddy.1997.*Teknik Membedah Kasus Bisnis Analisis SWOT*. Jakarta : Gramedia
Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.2006.*Cetak Biru (Blue Print) Pembangunan Transportasi Laut*. Jakarta.

[2] Sagisolo, Jembris. 2014. *Analisis Tingkat Pelayanan Dermaga Pelabuhan Sorong*. 2(1):1-3.
Solossa, Yamsos Appi.2013. *Perencanaan Pengembangan Pelabuhan Laut Sorong di Kota Sorong*. 1(10) : 1-3.

[3] Idrus, Misliah.2013. *Analisa Kapasitas Optimal Lapangan Penumpukan Terminal Petikemas Makassar berdasarkan Operator dan Penggunan Pelabuhan*. 11(1) : 2-4.

[4] Chairul Imam Shaleh. 2013. *Analisis Strategis Pengembangan Pelabuhan Utama pada Koridor Sulawesi*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.

[5] Heriyanto Rantelino.2015. *Analisis Strategis Pengembangan Pelabuhan Garongkong Barru*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.

[6] Rusda Irawati. 2011. *Analisis SWOT Pelabuhan Ferry Internasional Sekupang. Skripsi*. Politeknik Negeri Batam. Biro Analisa Anggaran dan Pelaksanaan APBN Setjen DPR RI. 2016. *Penyertaan Modal Negara kepada BUMN*, (Online), (http://www.dpr.go.id/doksetjen/dokumen/biro-apbn-apbn-Penyertaan-Modal-Negara-pada-BUMN-1441158796.pdf.)

[7] Alfratiwi Handayani. 2010. *Penyertaan Modal Negara di BUMN serta Pro dan Kontra Kerugiannya*, (Online), (https://www.academia.edu/36196278/Penyertaan_Modal_Negara_di_BUMN),
Peraturan Pemeritah Republik Indonesia No.44 Tahun 2005 Tentang Tata Cara Penyertaan dan Penatausahaan Modal Negara Pada Badan Usaha Milik Negara dan Perseroan Terbatas. Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan kesempatan dalam penelitian ini

KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH

H.Ramlan Sultan[(1)], Syamsul Bahri Ahmad[(2)]
[1),2)] *Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang,Makassar*

ABSTRACT

Geopolymer mortar is a mortar with the main binder as a waste material containing silica and alumina compounds using an alkaline solution as a polymerization activator. This study aims to determine the compressive strength of fly ash-based geopolymer mortar class C with the morality of 12M (MG12) and 16M NaOH solution (MG16), the ratio of Na2SiO3 to NaOH is 1, the ratio of binder to natural sand is 1: 3, the ratio of water to fly ash is 0.4 and the flow value (110 ± 5)%. The results showed that the compressive strength of conventional mortar (MK) with a composition of 1: 3 has a compressive strength of 12.47 MPa. This result is higher than the compressive strength values of geopolymer MG12 and MG16 with compressive strength values of 3.9 MPa and 3.27 MPa, respectively. Thus, it can be concluded that conventional mortars include type S mortars and geopolymer mortars including type O mortars based on SNI 03-6882-2002.
Key wordas: Geopolymer mortar, conventional mortar, type mortars and compressive strength

1.PENDAHULUAN

Dalam perkembangan terbaru teknologi mortar dan beton, dewasa ini telah dikembangkan bahan pengikat agregat yang tidak menggunakan semen yang dikenal dengan nama *geopolymer*. Tahun 1978, istilah geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Prof.Davidovits sebagai binder yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi unsur Silika dan Alumina dengan aktivator larutan alkalin. Komponen utama dari geopolimer ini adalah adanya senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 yang tinggi dalam material dengan larutan alkalin NaOH atau KOH sebagai aktivator polimerisasi.

Dalam dekade 20 tahun terakhir sejumlah penelitian dalam produksi mortar dan beton menggunakan binder geopolimer yang dikenal sebagai mortar geopolimer dan beton geopolimer telah dilakukan. *SA Arafah dkk, 2017*, mengevaluasi pengaruh rasio cairan alkali dengan flyash dan molaritas NaOH pada pasta geopolimer terhadap workability dan kuat tekan. Mereka menyimpulkan bahwa workability berkurang, namun kuat tekan meningkat dengan peningkatan molaritas NaOH. Dan sebaliknya workability meningkat dengan peningkatan rasio cairan alkali dengan fly ash. *Karuppuchamy, dkk, 2017*, mengkaji pengaruh cairan alkali dengan sejumlah variasi komposisi campuran dan molaritas NaOH mortar geopolimer berbasis fly ash. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH 12M benda uji yang dirawat 24 jam pada temperatur 80° C memperlihatkan kinerja mekanik yang lebih baik. *B. H. Shinde, dkk, 2015*, mengkaji sifat mortar geopolymer berbasis fly dengan rasio cairan alkali-fly ash dan rasio sodium silicate-sodium hidroksida yang bervariasi pada temperatur perawatan 40,60,80 dan 100^0 C dengan periode waktu hari ke-1,2,3,4,5 dan 6 . Kuat tekan maksimum diperoleh pada rasio cairan alkali-fly ash 0.5 dan rasio sodium silikat-sodium hidroksida 1.5 dengan temperatur perawatan 80° C pada periode hari ke-5 dengan durasi 24 jam. *Saloma, dkk,2011*, menganalisis pengaruh molaritas NaOH (8,12,14 dan 16 M), rasio Na_2SiO_3 / NaOH = 1, rasio pasir / fly ash = 2.75 dan rasio cairan aktivator / fly ash = 0.8 terhadap sifat mortar geopolimer berbasis fly ash. Hasil penelitian mereka memperlihatkan kuat tekan maksimum mortar 10.06 Mpa pada konsentrasi 12M NaOH dan terendah 3.95 Mpa pada konsentrasi 8M NaOH. *G.S. Manjunath, dkk, 2011*, menginvestigasi pengembangan kuat tekan mortar geopolimer dengan material Fly ash, Slag, Silika fume dan abu batu dengan metode perawatan suhu kamar (ambienth curing). Mereka menyimpulkan bahwa kuat tekan mortar berkembang pada temperatur suhu kamar tanpa perawatan konvensional.

Dalam kaitan dengan material utama dari mortar geopolimer dan beton geopolimer, Sulawesi Selatan memiliki potensi untuk mengembangkan mortar geopolimer maupun beton geopolimer. Hal ini karena salah satu material utama yang dibutuhkan yaitu fly ash, dapat diperoleh dari pembangkit listrik tenaga uap Punagaya di Jeneponto sebagai limbah industri. Data yang tersedia terkait fly ash sebagai material utama binder dalam pembuatan mortar geopolimer masih terbatas dan pedoman yang baku dalam perencanaan campuran belum ada. Hal ini karena kandungan unsur-unsur atau senyawa dan *properties* dari material utama fly ash berbeda-beda pada setiap sumber. Dengan demikian, penelitian terhadap penggunaan fly ash sumber PLTU Punagaya Jeneponto sebagai binder dalam pembuatan mortar geopolimer perlu dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan studi eksperimental terhadap sejumlah benda uji mortar geopolymer ukuran 5cmx5cm dan mortar konvesional sebagai mortar kontrol. Penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pembuatan benda uji mengacu pada standar SNI 03-6882-2002 yang mengadopsi ASTM C270. Pemeriksaan karakteristik bahan yang akan digunakan dengan mengacu pada standar ASTMC566-19, ASTMC127-15, ASTM C29M-17a dan ASTM C117-17. Perawatan mortar dilakukan sesuai metode yang berlaku dengan pelbagai umur rencana pengujian kuat tekan. Metode pengujian kuat tekan mortar mengacu pada Standar yang berlaku SNI 03-6825-2002.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan

Dalam perencanaan campuran beton, agregat yang akan digunakan telah diuji karakteristiknya agar diperoleh kualitas campuran beton yang ekonomis dan kualitas yang lebih baik. Hasil uji karakteristik agregat diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik pasir

N0	Uraian	Hasil	Spesifikasi	Standar	Keterangan
1.	Kadar air pasir	3.2 %	3% - 5 %	ASTMC566	Relatif
2.	Penyerapan pasir	1.48 %	0,2% - 2%	ASTMC129	Relatif
3.	Berat jenis SSD pasir	2,42	1,60 – 3,20	ASTMC129	Memenuhi
4.	Berat volume pasir	1,58 kg/lt	1,4–1,9 kg/lt	ASTMC29	Memenuhi
5.	Kadar lumpur pasir	2,26 %	0 – 5 %	ASTMC289	Memenuhi
6.	Modulus Kehalusan	2,9	2,2 - 3,10	ASTMC136	Memenuhi

3.2. Komposisi campuran

Berdasarkan hasil perhitungan rancangan campuran mortar, maka komposisi campuran mortar diperlihatkan pada tabel 2 di bawah .

Tabel 2. Komposisi campuran mortar 1 : 3 dan rasio air dengan fly ash sama dengan 0.40

Uraian	Semen (kg/m^3)	Fly Ash (kg/m^3)	Pasir (kg/m^3)	NaOH (kg/m^3)	Na2SiO3 (kg/m^3)	Air (kg/m^3)	Molar NaOH	Flow (%)
Mortar konvensional	436.7575	-	1590	-	-	327.5681	-	117
Mortar geopolimer	-	471.6981	1800	94.33962	94.33962	179.2453	12M	113
Mortar geopolimer	-	471.6981	1800	94.33962	94.33962	179.2453	16M	115

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

3.3.1 Kuat tekan mortar konvensional (MK)

Hasil uji kuat tekan mortar konvensional pada umur 28 hari diperlihatkan pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar konvensional adalah sebesar 12.47 Mpa dengan jenis mortar tipe S berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 12.40 Mpa.

3.3.2. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 12M (GP-NaOH 12M)

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer MG12 pada umur 28 hari diperlihatkan pada tabel 5. Berdasarkan tabel 5 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 3.90 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 2.40 Mpa.

3.3.3. Kuat tekan mortar geopolimer NaOH 16M (GP-NaOH 16M)

Hasil uji kuat tekan mortar geopolimer MG16 pada umur 28 hari diperlihatkan pada tabel 5. Berdasarkan tabel 6 tersebut, terlihat bahwa kuat tekan mortar diperoleh sebesar 3.27 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa mortar MG12 termasuk mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882-2002 dengan kuat tekan minimal 28 hari sebesar 2.40 Mpa.

3.4. Pembahasan

Berdasarkan tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 dapat dibuat histogram nilai kuat tekan mortar seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar konvesional 1:3 memiliki nilai kuat tekan sebesar 12.47 Mpa. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar

geopolimer MG12 dan MG16 dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 3.9 Mpa dan 3.27 Mpa. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa mortar konvesional termasuk jenis mortar tipe S dan mortar geopolimer termasuk jenis mortar tipe O berdasarkan SNI 03-6882-2002 .

Tabel 3. Kuat Tekan Mortar Konvensional 1:3

No	Berat (gram)	Luas (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat rata2 (gram)	Kuat Tekan Rata2 (Mpa)
1	220	2500	33.40	13.36	228.83	12.47
2	220		35.80	14.32		
3	240		33.90	13.56		
4	230		30.00	12.00		
5	210		33.10	13.24		
6	230		32.70	13.08		
7	235		27.30	10.92		
8	228		32.10	12.84		
9	231		36.50	14.60		
10	233		25.70	10.28		
11	235		26.40	10.56		
12	234		27.20	10.88		

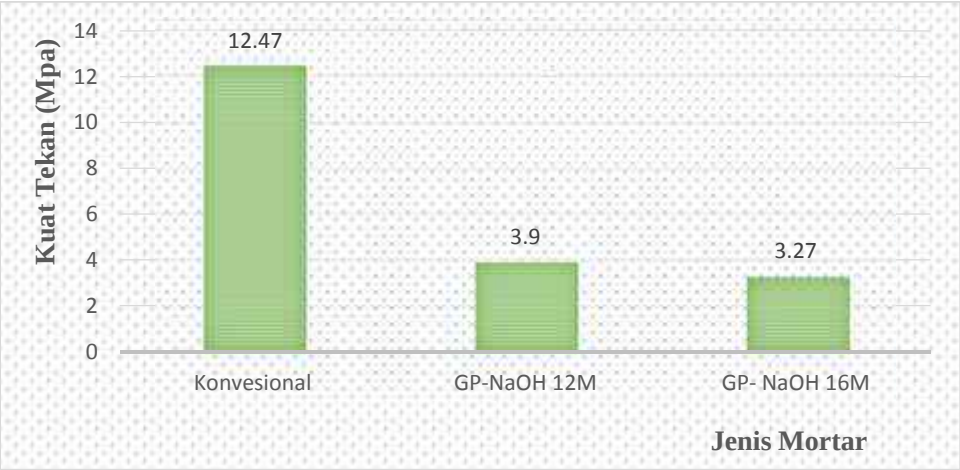
Tabel 4. Kuat Tekan Mortar Geopolymer NaOH 12M (MG12)

No	Berat (gram)	Luas (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat rata2 (gram)	Kuat Tekan Rata2 Mpa
1	220	2500	10.20	4.08	242.50	3.90
2	240		10.90	4.36		
3	240		8.80	3.52		
4	220		9.40	3.76		
5	240		9.30	3.72		
6	250		8.90	3.56		
7	240		9.20	3.68		
8	240		9.50	3.80		
9	250		10.10	4.04		
10	260		10.40	4.16		
11	250		9.60	3.84		
12	260		10.70	4.28		

Tabel 5. Kuat Tekan Mortar Geopolymer NaOH 16M (GP-NaOH 16M)

No	Berat (gram)	Luas (mm^2)	Beban (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Berat rata2 (gram)	Kuat Tekan Rata2 Mpa
1	220	2500	9.30	3.72	228.83	3.27
2	220		7.70	3.08		
3	240		7.60	3.04		

4	230		8.50	3.40		
5	210		7.90	3.16		
6	230		8.00	3.20		
7	235		8.10	3.24		
8	228		8.30	3.32		
9	231		8.20	3.28		
10	233		8.60	3.44		
11	235		7.90	3.16		
12	234		8.00	3.20		



Gambar 1. Histogram kuat tekan mortar

4.KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan yaitu :

1. Mortar konvensional komposisi 1:3 dengan kuat tekan sebesar 12.47 Mpa termasuk jenis mortar tipe S.
2. Mortar geopolimer NaOH 12M dan NaOH 16M menghasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 3.90 Mpa dan 3.27 Mpa sebagai mortar tipe O.

4.2. Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka disarankan :

1. Lakukan penelitian lanjutan dengan molaritas NaOH ditambah dan dengan waktu curing yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM C 33-97 : Standard Test Method for Concrete Agregates , Annual Book of ASTM Standars, Philadelpia, Vol.04.02.

ASTM C230/C230M-08, " Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement " ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States

B. H. Shinde, dkk, 2015. " Properties of Fly Ash based Geopolymer Mortar ", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 4 Issue 07, July-2015

Davidovits, J. 1999. "Chemistry of geopolymeric systems, terminology", *'99 Geopolymer International Conference Proceeding*, France

Davidovits, J., 2013, " Geopolymer Cement a review ", published in Geopolymer Science and Technics, Technical Paper #21, Geopolymer Institute Library, www.geopolymer.org

G.S.Manjunath, dkk, 2011, " Compressive Strength Development in Ambient Cured Geo-polymer Mortar ", International Journal of Earth Sciences and Engineering ISSN 0974-5904, Volume 04, No 06 SPL, October 2011, pp. 830-834

Karuppuchamy, dkk, 2017 . Effect of Alkaline Solution with Varying Mix Proportion on Geopolymer Mortar IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.

Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta

Mindess, S., & Young, J. F. (1981). *Concrete.* Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall

S.A. Arafa, dkk, 2017. "Optimum mix for fly ash geopolymer binder based on workability and compressive strength", IOP Conf.Series:Earth and Environmental Science 140 (2018).

Saloma, dkk, 2011. "Geopolymer Mortar with Fly Ash" , MATEC Web of Conferences **7** 01026 (2016), The Authors, published by EDP Sciences.

Standar Nasional Indonesia, SNI 03-6825-2002, " Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil " Badan Standardisasi Nasional BSN ICS.27.180

KUAT TEKAN DAN LENTUR BETON MENGGUNAKAN PASIR SILIKA DENGAN BAHAN TAMBAH SIKACIM

Paulus Ala[1)], Herman Arruan[1)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRAK

Hasil penelitian akan menunjukkan Dari hasil uraian dan analisis data yang telah diolah, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil uji karakteristik agregat kasar hasilnya yang tidak memenuhi syarat agregat kasar hanya kadar air yang lebih besar sedikit dapat disesuaikan dengan Slump test pada saat pembuatan benda uji sedangkan berat volume hanya berpengaruh pada berat beton. Agregat halus (pasir silica) memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Komposisi rancangan campuran beton didasarkan pada perbandingan berat. Kuat tekan karakteristik beton yang diperoleh beton normal 252,55 kg/cm2, kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 247,39 kg/cm2, kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,7% diperoleh 291,18 kg/cm2 dan untuk kuat tekan karakteristik beton 0,9% diperoleh 307,29kg/cm2 dan hasil kuat lentur beton diperoleh beton normal 48,2 kg/cm2, bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 41,3%, bahan tambah 0,7% diperoleh 52,2 kg/cm2 dan 0,9% diperoleh 57,4%.

Kata kunci : Pasir Silika bahan tambah Sikacim, Kuat Tekan dan Lentur Beton.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tututan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan, bangunan bertingkat tinggi, bangunan air dan fasilitas lainnya. Hal ini mendorong adanya kebutuhan akan teknologi konstruksi yang tepat guna baik secara teknis maupun dari segi ekonomis. Banyak kajian dan penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi konstruksi yang kuat dan hemat, tidak terkecuali pada beton yang merupakan komponen yang hampir selalu digunakan pada setiap konstruksi.

Beton digunakan sebagai strukstur dalam konstruksi teknik yang dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil struktur beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, atau pelat. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti : bendungan, saluran, dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong-gorong, dan lainnya.Jadi beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

Pada umumnya beton terbentuk dari tiga bahan campuran utama yaitu semen, agregat, dan air.Bahan agregat terdiri dari agregat kasar (kerikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir) yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada campuran beton. Terkadang adapula pemberian bahan tambah atau bahan pengganti yang diperlukan pada campuran beton untuk mengubah sifat-sifat dari beton tersebut.penelitian yang dilakukan oleh peneliti beton terdahulu menghasilkan suatu kontradiksi. Dimana, untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi, penggunaan air atau faktor air terhadap semen haruslah kecil, hal tersebut akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Kini dengan kemajuan teknologi, hal tersebut tidak lagi menjadi masalah setelah ditemukannya bahan ganti atau bahan tambah untuk campuran beton.

Di Indonesia bahan tambahan (admixture) telah banyak digunakan, manfaat dari bahan tambahan tersebut perlu dibuktikan dengan menggunakan bahanagregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang dipakai dilapangan. Untuk bahan tambahan yang merupakan bahan kimia harus memenuhi syarat yang diberikan dalam ASTM C.494 1989 (*Standard Spesification For Chemical Admixture For Concrete*). Pada penelitian ini, akan digunakan bahan tambah Sikacim Concrete Additive dan bahan agregat halus pasir silika dari Kabupaten Pinrang.

2. METODE PENELITIAN

Suatu penelitian harus dilaksanakan dalam sistematika dan urutan yang jelas dan teratur sehingga nantinya diperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa bagian, yaitu :

[1] Korespondensi penulis: Paulus Ala, Telp. 081343675496, paulus_ala@poliupg.ac.id

Persiapan penelitian

Pada bagian ini pekerjaan beton mulai dilakukan denganmengambil sampel untuk dibawa ke laboratorium dan selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik.Pengambilan sampel dilakukan setelah menentukan komposisi sampel yang dibutuhkan dan lokasi pengambilan sampel uji selanjutnya sampel uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diuji, sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Perancangan benda uji (*mix design)*

Setelah menguji karakteristik bahan dan semua bahan telah memenuhi persyaratan, selanjutnya kita merancang campuran beton yang akan dibuat. Untuk merancang campuran beton kami menggunakan metode *DOE* dengan mutu beton yang direncanakan mutu K-300

Pembuatan benda uji

Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah 15 sampel untuk benda uji silinder dan 5 sampel untuk benda uji balok.

Adapun pembuatan benda uji yang akan dilaksanakan meliputi:

- Persiapan, dilakukan dengan menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan selama pembuatan benda uji.
- Penakaran, dilakukan dengan menimbang atau menakar bahan penyusun beton berdasarkan hasil uji karakteristik bahan penyusun dan mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu K 300.
- Pengadukan (*mixing*), dilakukan dengan mencampur semua bahan yang telah disiapkan seperti batu pecah, pasir, semen, air dengan menggunakan alat pengaduk.
- Penuangan atau pengecoran, dilakukan dengan mengisi cetakan dengan campuran beton segar yang telah dicampur sebelumnya.
- Pemadatan, dilakukan dengan memadatkan campuran beton segar menggunakan meja penggetar, kemudian permukaannya diratakan.
- Penyelesaian akhir, terakhir dalam pembuatan benda uji, cetakan berisi beton diletakkan di tempat yang terlindung dari gangguan luar selama lebih dari 24 jam. Kemudian membuka cetakan dan mengeluarkan benda uji dari cetakan.

Perawatan

Perawatan dilakukan dengan mengambil benda uji berupa beton yang sudah jadi, kemudian merendamnya dalam bak perendaman yang berisi air agar proses pematangan berlangsung sempurna. Perendaman ini berlangsung sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Pengujian kuat tekan beton

Proses pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

a. Setelah perendaman sampel beton dilakukan pengeringan sebelum dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, dimana benda uji diangkat atau dikeluarkan dari kolam bakperendaman kemudian biarkan mongering diudara ± 24 jam. Pengetesan hanya dilakukan pada umur 28 hari karena kuat tekan karakteristik yang akan diuji
b. Benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya.
c. Benda Uji dikepping
d. Meletakan benda uji di dalam mesin tekan.Selanjutnya mesin uji dijalankan sampai mencapai batas maksimum, kemudian mengolah data hasil pengujian.

Pengujian kuat lentur beton

Proses pengujian kuat lentur beton sebagai berikut :

Persiapan

Siapkan benda uji balok dan lakukan hal – hal berikut :

1) Ukur dan catat dimensi penampang benda uji lentur beton.
2) Ukur dan catat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
3) Timbang dan catat berat masing – masing benda uji.
4) Buat garis – garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan, titik pembebanan, dan garis sejauh 5cm dari jarak bentang diluar titik perletakan.

5) Tempatkan benda uji yang sudah selesai diukur, ditimbang, dan diberi tanda pada tumpuan pada tempat yang tepat dengan kedudukan sisi atas benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping alat penekan.
6) Pasang 2 (dua) buah perletakan dengan lebar bentang sebesar tiga kali titik pembebanan.
7) Atur pembebanan dan skala pembacaannya.
8) Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda diatas dua perletakan sedemikian hingga tanda untuk tumpuan dari benda uji, tepat pada pusat tumpuan dari alat uji, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping dan alat penekan dapat menyentuh benda uji pada sepertiga panjang.

Pelaksanaan pengujian

1) Atur benda uji sehingga siap untuk pengujian
2) Atur pembebanannya
3) Atur katub – katub pada kududukan pembebanan dan kecepatan pembebanannya pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan – lahan dan jaga kecepatannya S – 10 kg/cm^2 tiap menit.
4) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban beban agak lambat.
5) Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.
6) Ambil benda uji yang telah selesai diuji yang dapat dilakukan dengan menurunkan pelat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
7) Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25mm sedikitnya pada tiga tempat dan ambil harga rata–ratanya.
8) Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang yang patah dan tumpuan luar terletak pada empat bagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata – ratanya.

Metode Analisa data

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah pengolahan data tersebut.Pada tahap pengolahan atau menganalisis data dilakukan dengan menghitung data yang ada dengan rumus yang sesuai.Hasil dari suatu pengolahan data digunakan kembali sebagai data untuk menganalisis yang lainnya dan berlanjut seterusnya sampai mendapatkan hasil akhir tentang pengaruh penambahan gula pasir dan air tebu terhadap nilai mutu kuat tekan beton dan kuat lentur beton.

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian, dianalisis dengan menggunakan metode perbandingan, yaitu dengan membandingkan hasil dari penelitian beton sebelumnya dengan hasil penelitian beton yang kita buat.Dengan menggunakan metode ini, dapat diketahui peningkatan atau malah terjadi penurunan nilai mutu dibandingkan dengan rancangan beton sebelumnya.

3. HASIL PENGUJIAN

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus (pasir Silika) dan agregat kasar batu pecah bili – bili setelah dilakukan analisis data, maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan tabel 5.1 dan tabel 5.2 sedangkan hasil lengkap pengujian dapat dilihat pada lampiran 1.

Tabel 5.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Silika) Sungai Lasappe

NO	KARAKTERISTIK	PEDOMAN	HASIL	SPESIFIKASI (SYARAT SNI)	KETERANGAN
1	Kadar air	ASTM C117	4,76	3% - 5%	Memenuhi
2	Kadar lumpur lolos #200	ASTM C131	2,78	0,5% - 6%	Memenuhi
3	Berat Volume	ASTM C558	1,41	1,4 – 1,9kg/lt	Memenuhi
4	Berat jenis Spesifik	ASTM C127	2,59	1,6 – 3,2	Memenuhi
5	Absorpsi	ASTM C127	2,73	0,2% - 2%	Lebih Besar
6	Modulus kehalusan	ASTM C104	2,26	2,2 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	ASTM C27	No.1	<No.3	Memenuhi

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Batu Pecah Bili-Bili

NO	KARAKTERISTIK	PEDOMAN	HASIL	SPESIFIKASI (SYARAT SNI)	KETERANGAN
1	Kadar air	ASTM C558	2,26	0,5% - 2,0%	Lebih Besar
2	Kadar lumpur lolos #200	ASTM C117	0,46	0,2% - 1,0%	Memenuhi
3	Berat Volume	ASTM C29	1,45	1,6 – 1,9kg/lt	Lebih Ringan
4	Berat jenis Spesifik	ASTM C127	2,62	1,6 – 3,2	Memenuhi
5	Absorpsi	ASTM C127	2,56	0,2% - 4%	Memenuhi
6	Modulus kehalusan	ASTM C104	7,66	5,5 – 8,5	Memenuhi
7	Kehausan	ASTM C131	19,87	15% - 50%	Memenuhi

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (kerikil/ batu pecah) antara lain: kadar air dan berat volume diperoleh hasil kadar air lebih tinggi karna waktu pengambilan sample masih musim hujan sedangkan berat volume hanya berpengaruh pada berat beton. Dari hasil uji karakteristik diatas bila dibandingkan dengan spesifikasi dengan agregat kasar (kerikil/batu pecah) tidak masuk dalam spesifikasi agregat kasar hanya kadar air dan berat volume. Sedangkan untuk agregat halus (pasir silika) dari sungai Lasappe Kab.Pinrang berdasarkan spsifikasi agregat halus umtuk beton semuanya memenuhi syarat

Kuat Tekan (Mutu) Beton

Komposisi Campuran Bahan Beton

Untuk mengetahui kekuatan (mutu beton) yang akan dihasilkan dengan menggunakan agregat halus (pasir silika) dan agregat kasar batu pecah dari Bili –bili setelah dilakukan perhitungan penggabungan agregat dengan agregat halus (pasir silika) diperoleh hasil 35% agregat halus (pasir silika) dan agregat kasar batu pecah 65% dalam perbandingan komposisi berat akan tetapi dapat juga dilakukan dengan peerbandingan berat volume pada saat pelaksanaan dilapangan. Tetapi pada saat pembuatan benda uji dilaboratorium pada penelitian ini menggunakan komposisi dalam perbandingan berat.

Hasil Rancangan Campuran Bahan Beton

Adapun komposisi bahan campuran beton untuk pembuatan benda uji kubus beton 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan jumlah 15 buah, untuk mengetahui mutu beton sesuai hasil rancangan dapat dilihat pada tabel 5.3 dan kuat lentur beton dengan jumlah benda uji 5 buah ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm. dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut ini:

Tabel. 5.3 Hasil komposisi bahan untuk pembuatan benda uji

Volume (m^3)	Air (kg/lt)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Berat Total (Kg)
1 m^3	200	450	595	1105	2350
1 adukan 0,060 m^3	12,00	27,00	35,70	66,30	141,00

Tabel. 5.4 Hasil komposisi bahan untuk pembuatan uji lentur beton

Volume (m^3)	Air (kg/lt)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Berat Total (Kg)
1 m^3	200	450	595	1105	2350
1 adukan 0,024 m^3	4,80	10,80	14,28	26,52	56,40

Kuat Tekan

Hasil pembuatan benda uji setelah dilakukan uji tekan dapat diperlihatkan pada tabel 5.5 untuk kuat tekan normal, tabel 5.6 untuk kuat tekan dengan bahan tambah Sikacim 0,5%, tabel 5.7 untuk bahan tambah sikacim 0,7% dan tabel 5.8 untuk kuat tekan dengan bahan tambah sikacim 0,9% berikut ini :

Tabel 5.5 Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No.	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	Luas (A) (cm^2)	Beban (P)		Koef. Benda Uji	Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/cm^2) 28 Hari	fc-fcr (kg/cm^2)	$(fc-fcr)^2$ (kg^2/cm^4)
	Cor	Tes				KN	Kg				
1	01/07/19	29/07/19	28	12.47	176.625	394.0	39400	0.83	268.76	-8.37	70.02
2	01/07/19	29/07/19	28	12.24	176.625	409.3	40930	0.83	279.20	2.07	4.28
3	01/07/19	29/07/19	28	12.67	176.625	424.6	42460	0.83	289.63	12.51	156.39
4	01/07/19	29/07/19	28	12.31	176.625	382.6	38260	0.83	260.98	-16.14	260.62
5	01/07/19	29/07/19	28	12.15	176.625	407.6	40760	0.83	278.04	0.91	0.83
6	01/07/19	29/07/19	28	12.39	176.625	415.5	41550	0.83	283.43	6.30	39.67
7	01/07/19	29/07/19	28	12.48	176.625	443.9	44390	0.83	302.80	25.67	659.00
8	01/07/19	29/07/19	28	12.18	176.625	430.9	43090	0.83	293.93	16.80	282.35
9	01/07/19	29/07/19	28	12.29	176.625	390.2	39020	0.83	266.17	-10.96	120.11
10	01/07/19	29/07/19	28	12.21	176.625	381.9	38190	0.83	260.51	-16.62	276.27
11	01/07/19	29/07/19	28	12.37	176.625	415.0	41500	0.83	283.09	5.96	35.49
12	01/07/19	29/07/19	28	12.16	176.625	420.0	42000	0.83	286.50	9.37	87.76
13	01/07/19	29/07/19	28	12.21	176.625	395.0	39500	0.83	269.44	-7.69	59.07
14	01/07/19	29/07/19	28	12.30	176.625	382.0	38200	0.83	260.58	-16.55	274.01
15	01/07/19	29/07/19	28	12.22	176.625	401.5	40150	0.83	273.88	-3.25	10.57
Jumlah									4156.92		2336.43
Kuat Tekan rata – rata (kg/cm^2)									277.13		Sr=12.92

Kuat tekan Rata – rata fcr = 277.13 Kg/Cm^2
Nilai Margin (M) = 24.58 Kg/ Cm^2

f'c = fcr – M
= 252.55 Kg/cm^2 (25.26 Mpa)

Tabel 5.6 Hasil Kuat Tekan Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.5%

No.	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	Luas (A) (cm^2)	Beban (P)		Koef. Benda Uji	Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/cm^2) 28 Hari	fc-fcr (kg/cm^2)	$(fc-fcr)^2$ (kg^2/cm^4)
	Cor	Tes				KN	Kg				
1	01/07/19	29/07/19	28	12.48	176.625	393.1	39310	0.83	268.15	-5.94	35.33
2	01/07/19	29/07/19	28	12.36	176.625	403.5	40350	0.83	275.24	1.15	1.32
3	01/07/19	29/07/19	28	12.17	176.625	437.7	43770	0.83	298.57	24.48	599.25
4	01/07/19	29/07/19	28	12.27	176.625	409.4	40940	0.83	279.27	5.18	26.78
5	01/07/19	29/07/19	28	12.20	176.625	396.0	39600	0.83	270.13	-3.97	15.72
6	01/07/19	29/07/19	28	12.31	176.625	357.0	35700	0.83	243.52	-30.57	934.45
7	01/07/19	29/07/19	28	12.36	176.625	427.4	42740	0.83	291.54	17.45	304.63
8	01/07/19	29/07/19	28	12.29	176.625	414.1	41410	0.83	282.47	8.38	70.24
9	01/07/19	29/07/19	28	12.52	176.625	405.7	40570	0.83	276.74	2.65	7.03
10	01/07/19	29/07/19	28	12.35	176.625	402.1	40210	0.83	274.29	0.20	0.04
11	01/07/19	29/07/19	28	12.25	176.625	398.5	39850	0.83	271.83	-2.26	5.11
12	01/07/19	29/07/19	28	12.17	176.625	407.5	40750	0.83	277.97	3.88	15.05

13	01/07/19	29/07/19	28	12.25	176.625	362.7	36270	0.83	247.41	-26.68	711.85
14	01/07/19	29/07/19	28	12.30	176.625	410.0	41000	0.83	279.67	5.58	31.19
15	01/07/19	29/07/19	28	12.42	176.625	402.5	40250	0.83	274.56	0.47	0.22
Jumlah									4111.36		2758.20
Kuat Tekan rata – rata (kg/cm^2)									274.09		Sr=14.04

Kuat tekan Rata – rata fcr = 274.09 Kg/Cm^2
Nilai Margin (M) = 26.70 Kg/ Cm^2
f'c = fcr – M
= 247.39 Kg/cm^2 (24.74 Mpa)

Tabel 5.7 Hasil Kuat Tekan Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.7%

No.	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	Luas (A) (cm^2)	Beban (P)		Koef. Benda Uji	Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/cm^2) 28 Hari	fc-fcr (kg/cm^2)	(fc-fcr)^2 (kg^2/cm^4)
	Cor	Tes				KN	Kg				
1	02/07/19	30/07/19	28	12.41	176.625	456.5	45650	0.83	311.39	-9.70	456.5
2	02/07/19	30/07/19	28	12.19	176.625	445.0	44500	0.83	303.55	-17.54	445.0
3	02/07/19	30/07/19	28	12.37	176.625	513.1	51310	0.83	350.00	28.91	513.1
4	02/07/19	30/07/19	28	12.14	176.625	460.7	46070	0.83	314.26	-6.83	460.7
5	02/07/19	30/07/19	28	12.25	176.625	444.6	44460	0.83	303.28	-17.82	444.6
6	02/07/19	30/07/19	28	12.47	176.625	445.9	44590	0.83	304.16	-16.93	445.9
7	02/07/19	30/07/19	28	12.34	176.625	455.6	45560	0.83	310.78	-10.31	455.6
8	02/07/19	30/07/19	28	12.29	176.625	454.9	45490	0.83	310.30	-10.79	454.9
9	02/07/19	30/07/19	28	12.18	176.625	478.9	47890	0.83	326.67	5.58	478.9
10	02/07/19	30/07/19	28	12.31	176.625	450.2	45020	0.83	307.10	-14.00	450.2
11	02/07/19	30/07/19	28	12.25	176.625	477.8	47780	0.83	325.92	4.83	477.8
12	02/07/19	30/07/19	28	12.33	176.625	495.1	49510	0.83	337.72	16.63	495.1
13	02/07/19	30/07/19	28	12.19	176.625	499.0	49900	0.83	340.38	19.29	499.0
14	02/07/19	30/07/19	28	12.44	176.625	498.2	49820	0.83	339.84	18.75	498.2
15	02/07/19	30/07/19	28	12.34	176.625	485.3	48530	0.83	331.04	9.95	485.3
Jumlah									4816.41		3460.65
Kuat Tekan rata – rata (kg/cm^2)									321.09		Sr=15.72

Kuat tekan Rata – rata fcr = 321.09 Kg/Cm^2
Nilai Margin (M) = 29.91 Kg/ Cm^2
f'c = fcr – M
= 291.18 Kg/cm^2 (29.12 Mpa)

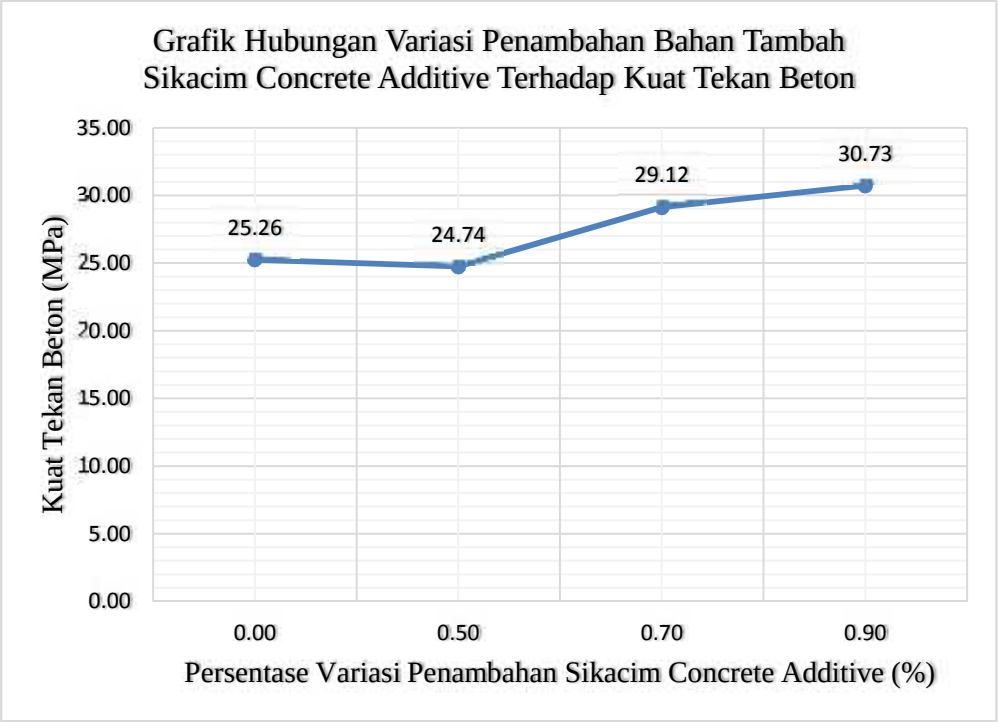
Tabel 5.8 Hasil Kuat Tekan Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.9%

No.	Tanggal	Umur	Berat	Luas	Beban (P)	Koef.	Kuat	fc-fcr	(fc-fcr)^2

	Cor	**Tes**	**Test (hari)**	**(kg)**	**(A) (cm^2)**	**KN**	**Kg**	**Benda Uji**	**Tekan (fc=P/A) (Kg/cm^2) 28 Hari**	**(kg/cm^2)**	**(kg^2/cm^4)**
1	02/07/19	30/07/19	28	12.37	176.625	499.7	49970	0.83	340.86	-6.13	37.52
2	02/07/19	30/07/19	28	12.21	176.625	509.0	50900	0.83	347.21	0.22	0.05
3	02/07/19	30/07/19	28	12.50	176.625	515.0	51500	0.83	351.30	4.31	18.59
4	02/07/19	30/07/19	28	12.40	176.625	459.0	45900	0.83	313.10	-33.89	1148.43
5	02/07/19	30/07/19	28	12.32	176.625	482.1	48210	0.83	328.86	-18.13	328.74
6	02/07/19	30/07/19	28	12.32	176.625	507.7	50770	0.83	346.32	-0.67	0.45
7	02/07/19	30/07/19	28	12.14	176.625	529.6	52960	0.83	361.26	14.27	203.64
8	02/07/19	30/07/19	28	12.21	176.625	548.5	54850	0.83	374.15	27.16	737.81
9	02/07/19	30/07/19	28	12.17	176.625	511.3	51130	0.83	348.78	1.79	3.19
10	02/07/19	30/07/19	28	12.37	176.625	452.3	45230	0.83	308.53	-38.46	1479.07
11	02/07/19	30/07/19	28	12.29	176.625	524.6	52460	0.83	357.85	10.86	117.93
12	02/07/19	30/07/19	28	12.12	176.625	569.5	56950	0.83	388.48	41.49	1721.20
13	02/07/19	30/07/19	28	12.68	176.625	527.8	52780	0.83	360.03	13.04	170.10
14	02/07/19	30/07/19	28	12.46	176.625	495.1	49510	0.83	337.72	-9.26	85.81
15	02/07/19	30/07/19	28	12.37	176.625	499.0	49900	0.83	340.38	-6.60	43.60
Jumlah									5204.82		6096.13
Kuat Tekan rata – rata (kg/cm^2)									346.99		Sr=20.87

Kuat tekan Rata – rata fcr = 346.99 Kg/Cm^2
Nilai Margin (M) = 39.70 Kg/ Cm^2
f'c = fcr – M
= 307.29 Kg/cm^2 (30.73 Mpa)

Berikut grafik hubungan variasi penambahan bahan tambah sikacim concrete additive terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Variasi Penambahan Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton

Dari gambar 5.1 dapat disimpulkan bahwa untuk beton bahan tambah kadar 0.0% (beton normal) dan 0.5% masih menghasilkan kuat tekan yang hampir sama dan belum ada perubahan kuat tekan yang signifikan, dan dari grafik terlihat bahwa pada beton bahan tambah kadar 0.5% terjadi penurunan dari beton normal, dimana masing-masing diperoleh 25.26 MPa dan 24.74 MPa. Selanjutnya kembali meningkat pada penambahan bahan tambah kadar 0.7% dan 0.9% yang masing-masing diperoleh 29.12 MPa dan 30.73 MPa.

5.3 Kuat Lentur

Hasil pembuatan benda uji untuk kuat lentur setelah dilakukan pengujian diperoleh kuat lentur seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.9 untuk beton normal, tabel 5.10 untuk bahan tambah sikacim 0,5%, tabel 5.11 untuk bahan tambah 0,7% dan tabel 5.12 untuk bahan tambah sikacim 0,9% berikut ini :

Tabel 5.9 Hasil Kuat Lentur Beton Normal

No	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P		σlt (3PL/2bh^2) (N/mm^2) (MPa)
	Cor	Tes						kN	N	
1	03/07/19	31/07/19	28	9.46	300	100	100	11.4	11400	5.13
2	03/07/19	31/07/19	28	9.24	300	100	100	9.60	9600	4.32
3	03/07/19	31/07/19	28	9.35	300	100	100	10.8	10800	4.86
4	03/07/19	31/07/19	28	9.50	300	100	100	11.8	11800	5.31
5	03/07/19	31/07/19	28	9.40	300	100	100	10.0	10000	4.50
Jumlah									53600	
σ lt rata – rata										4.82

Tabel 5.10 Hasil Kuat Lentur Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.5%

No	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P		σlt (3PL/2bh^2) (N/mm^2) (MPa)
	Cor	Tes						kN	N	

Tabel 5.11 Hasil Kuat Lentur Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.7%

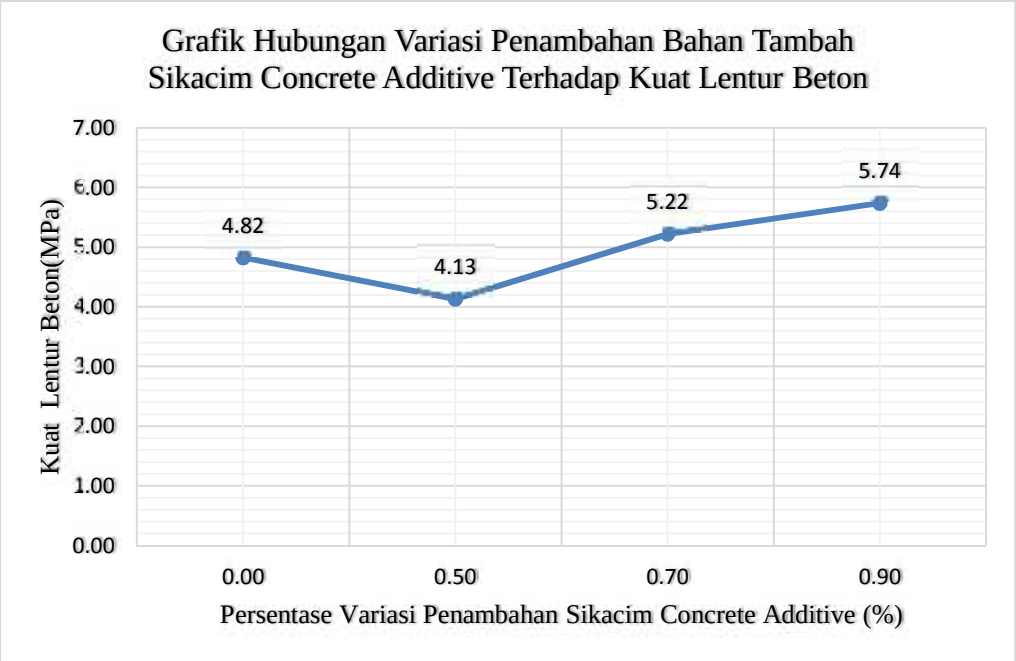
1	03/07/19	31/07/19	28	9.36	300	100	100	9.5	9500	4.28
2	03/07/19	31/07/19	28	9.31	300	100	100	9.2	9200	4.14
3	03/07/19	31/07/19	28	9.40	300	100	100	9.5	9500	4.28
4	03/07/19	31/07/19	28	9.25	300	100	100	8.8	8800	3.96
5	03/07/19	31/07/19	28	9.33	300	100	100	8.9	8900	4.01
Jumlah									45900	
σ lt rata – rata										4.13

No	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P		σlt (3PL/2bh^2) (N/mm^2) (MPa)
	Cor	Tes						kN	N	
1	01/07/19	29/08/19	28	9.21	300	100	100	12.0	12000	5.40
2	01/07/19	29/08/19	28	9.39	300	100	100	12.1	12100	5.45
3	01/07/19	29/08/19	28	9.23	300	100	100	11.6	11600	5.22
4	01/07/19	29/08/19	28	9.04	300	100	100	10.8	10800	4.86
5	01/07/19	29/08/19	28	9.30	300	100	100	11.5	11500	5.18
Jumlah									58000	
σ lt rata – rata										5.22

Tabel 5.12 Hasil Kuat Lentur Beton Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Kadar 0.9%

No	Tanggal		Umur Test (hari)	Berat (kg)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P		σlt (3PL/2bh^2) (N/mm^2) (MPa)
	Cor	Tes						kN	N	
1	01/07/19	29/08/19	28	9.25	300	100	100	12.7	12700	5.72
2	01/07/19	29/08/19	28	9.4	300	100	100	13.0	13000	5.85
3	01/07/19	29/08/19	28	9.31	300	100	100	12.5	12500	5.63
4	01/07/19	29/08/19	28	9.10	300	100	100	12.8	12800	5.76
5	01/07/19	29/08/19	28	9.27	300	100	100	12.5	12500	5.63
Jumlah									63500	
σ lt rata – rata										5.74

Pada pengujin kuat lentur beton diperoleh variasi hasil kuat lentur yang hampir sama dengan variasi pada pengujiian kuat tekan beton. Adapun grafik hubungan variasi penambahan bahan tambah Sikacim Concrete Additive terhadap kuat lentur beton dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Variasi Penambahan Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Lentur Beton

Dari gambar 5.2 disimpulkan bahawa grafik yang dihasilkan hampir sama dengan grafik pada gambar 5.1 yaitu diperoleh kuat lentur yang hampir sama pada beton 0.0% (beton normal) dan beton bahan tambah kadar 0.5%. Dimana diperoleh kuat lentur 4.82 MPa untuk beton normal dan beton bahan tambah kadar 0.5% diperoleh kuat lentur sebesar 4.13 Mpa yang artinya terjadi penurunan yang tidak terlalu signifikan dari beton normal. Kemudian terjadi peningkatan kembali kuat lentur pada penambahan bahan tambah 0.7% dan 0.9% yang masing-masing diperoleh 5.22 MPa dan 5.74 Mpa

4. KESIMPULAN

Dari hasil uraian dan analisis data yang telah diolah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji karakteristik agregat kasar hasilnya yang tidak memenuhi syarat agregat kasar hanya kadar air yang lebih besar sedikit dapat disesuaikan dengan Slump test pada saat pembuatan benda uji sedangkan berat volume hanya berpengaruh pada berat beton. Agregat halus (pasir silica) memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Komposisi rancangan campuran beton didasarkan pada perbandingan berat.
2. Kuat tekan karakteristik beton yang diperoleh beton normal 252,55 kg/cm2, kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 247,39 kg/cm2, kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,7% diperoleh 291,18 kg/cm2 dan untuk kuat tekan karakteristik beton 0,9% diperoleh 307,29kg/cm2.
3. Hasil kuat lentur beton diperoleh beton normal 48,2 kg/cm2, bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 41,3%, bahan tambah 0,7% diperoleh 52,2 kg/cm2 dan 0,9% diperoleh 57,4%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Akkas,AbdulMajid.(1996).*RekayasaBahan/BahanBangunan*,JurusanSipil, Makassar

Ala,Paulus dkk.(2015).*Kuat Tekan Dan Lentur Beton Dengan Bahan Tambah Serat Ijuk*.

Ala,Paulus dan Arruan,Herman.(2017). *Beton Ringan Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Ganti Agregat Kasar*.

Ala,Paulus dan Arruan, Herman (2018). *Kuat Tekan Dan Lentur Beton Dengan Menggunakan Terak Nikel Sebagai Pengganti Aggregate Kasar.*

American Standard Testing and Material.(1989). *Standard Spesification For Chemical Admixture For Concrete*C.494

Badan Standarisasi Nasional. (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.* SNI 03-2834-1993. *Badan Standarisasi Nasional*, 1-34.

Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Berat Isi Beton Normal.* SNI 03-2834-2000.

Badan Standarisasi Nasional, 1-34.
Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Ukuran Butir Agregat Kasar.* SNI 03-2847-2002. *Badan Standarisasi Nasional*, 25.
Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Kadar Air Agregat.* SNI 03-1971-1990. *Badan Standarisasi Nasional.*
Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Berat Volume Agregat.* SNI 03-1973-1990. *Badan Standarisasi Nasional.*
Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.* SNI 03-1970-1990. *Badan Standarisasi Nasional.*
Departemen Pekerjaan Umum. (1990). *Perencanaan Campuran Metode DOE.* SNI T-15-1990-03. *Badan Standarisasi Nasional.*
Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Kuat Tekan Beton.* SNI 1974-2011. *Badan Standarisasi Nasional.*
Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Kuat Lentur Beton.* SNI 4431-2011. *Badan Standarisasi Nasional.*
Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton.* Yogyakarta : Andi, Yogyakarta.
Samekto, Wuryati dan Candra Rahmadiyanto. (2001). *Teknologi Beton.* Yogyakarta : Kansius.
Yunus, Nurviany dan Rusbi, Muhammad (2005). *Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Pasir Silika Desa Oko-Oko Kab. Kolaka.* Makassar**.**
Jamal, Mardewi (2017). *Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Beton.* Samarinda.

ANALISA HAMBATAN SAMPING JALAN AKIBAT KENDARAAN YANG KELUAR MASUK PADA LAHAN SAMPING JALAN (STUDI KASUS : RUAS JL. DR RATULANGI – JL. JEND. SUDIRMAN KOTA MAKASSAR)

Syahlendra[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

A good transportation system can provide maximum service levels for road users. However, there are several factors that can reduce the level of road services. so, to realize a good transportation system, accurate planning data is needed. One of the factors in question is roadside barriers. This study aims to analyze the data of side obstacles that occur due to vehicles coming in and out of land beside the road. The method used to measure and process the side obstacle data follows the 1997 MKJI procedure. The road section being examined is the DR Ratulangi - Jend. Sudirman street. The main survey is conducted from 08.00 - 18.00. Data analysis was carried out by recapitulating the changes on weighing frequency of roadside barriers conditions every hour. The results showed the biggest side barrier weighting factor on weekdays occurred at 12.00-13.00 amounted to 285.6 and on holidays at 15.00-16.00 amounted to 366.1

Keywords : *roadside barriers, road services, weighted frequency*

1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi yang baik adalah sistem transportasi yang dapat memberikan kinerja dan pelayanan yang maksimal bagi masyarakat. Salah satu indikator kinerja dan pelayanan yang maksimal adalah waktu tempuh perjalanan yang cepat. Kinerja lalu lintas yang kurang maksimal akan mengakibatkan beban lalu lintas terhadap perkerasan jalan menjadi lebih besar. Hal ini diakibatkan karena kendaraan yang bertumpuk atau berjalan lambat pada suatu titik perkerasan jalan akan memberikan pembebanan yang lebih besar terhadap perkerasan jalan dibanding kendaraan yang bergerak lebih cepat. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan perkerasan jalan sebelum umur rencananya tercapai.

Kota Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki tingkat pertumbuhan kendaraan yang tinggi. Berdasarkan data KORLANTAS POLRI pada tahun 2012, jumlah kendaraan yang beroprasi mencapai 94.373.324 unit kendaraan, kemudian pada tahun 2013, jumlah kendaraan yang beroprasi naik sekitar 10,3 persen dari tahun 2012, yaitu sebesar 104.118.969 unit kendaraan. Data terakhir pada tahun 2015 menunjukkan jumlah kendaraan yang beroprasi menjadi sebesar 121.394.185 unit kendaraan, naik sekitar 16,6 persen dari jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2013 (Badan Pusat Statistik, 2018).

Salah satu factor yang dapat mengurangi tingkat kinerja dan pelayanan transportasi adalah faktor hambatan samping. Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu-lintas dari aktivitas samping segmen jalan, seperti pejalan kaki, kendaraan umum/kendaraan lain berhenti, kendaraan masuk/keluar sisi jalan dan kendaraan lambat (MKJI, 1997). Pada beberapa kasus yang lebih parah, hambatan samping yang tinggi bahkan dapat mengganggu fungsi jalan, misalnya dengan adanya aktifitas pedagang kaki lima yang berlebih ataupun parkir liar yang dilakukan di bahu atau badan jalan. Padahal berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang jalan pasal 12 point 1 dengan jelas mengatur bahwa setiap orang dilarang melakukan perbuatan yang mengakibatkan terganggunya fungsi jalan di dalam ruang manfaat jalan.

Salah satu penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh hambatan samping terhadap kinerja jalan yaitu Marunsenge, G. S., dkk, (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh hambatan samping terhadap kinerja jalan pada ruas jalan panjaitan dengan menggunakan metode MKJI 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingginya aktifitas sisi jalan atau hambatan samping cukup berpengaruh terhadap tingkat kinerja arus lalu lintas.

Jalan Ratulangi merupakan salah satu ruas jalan utama di Kota Makasar yang memiliki hambatan samping yang cukup tinggi. Tingginya tingkat hambatan samping pada ruas jalan Ratulangi disebabkan oleh padatnya pusat perbelanjaan dan perkantoran pada ruas jalan tersebut, sehingga aktifitas keluar masuk kendaraan pada lahan samping jalan tergolong tinggi.

[1] Korespondensi penulis: Syahlendra, Telp. 085299151858, syahlendrassyahrul@poliupg.ac.id

Berdasarkan latar belakang diatas, dirasakan perlu untuk melakukan suatu penelitian yang menganalisa tentang bagaimana hambatan samping diruas jalan Dr Ratulangi - Jend Sudirman akibat adanya aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan.

2. METODE PENELITIAN

1) Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif yang bersifat kuantitatif. Maksudnya bahwa penelitian ini bertujuan untuk menganalisa suatu variable secara terukur. dimana penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan. Data yang akan di olah bersifat terukur sehingga penelitian ini di golongkan ke dalam penelitian kuantitatif.

2) Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi berdasarkan dua jenis data yang akan diambil. Untuk pengambilan data geometric jalan, instrument penelitian yang digunakan adalah alat ukur roll meter, sedangkan untuk data hambatan samping, instrument yang digunakan antara lain kamera dan alat tulis.

3) Teknik Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di ruas jalan Dr. Ratulangi – Jend. Sudirman, dimana titik yang diamati adalah ruas jalan di depan toko agung. Data yang diambil adalah data geometric jalan dan data hambatan samping jalan. Data geometric jalan diambil dan diukur secara langsung di lokasi survey yang ditinjau. Data hambatan samping diambil melalui survey primer utama selama 3 hari (2 hari kerja dan 1 hari libur), mulai pukul 08.00-pukul 20.00. data hambatan samping diambil dengan interval waktu 15 menit.

4) Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Analisa dan pengolahan data dilakukan dengan menganalisa hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan. Pengolahan data hambatan samping jalan dilakukan dengan menggunakan prosedur MKJI 1997. Pengolahan data dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan rekapitulasi hasil survey hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan. Setelah itu, dilakukan perhitungan frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan. Tabel 1 memperlihatkan Faktor bobot hambatan samping jalan untuk menghitung frekwensi berbobot hambatan samping jalan.

Tabel 1. Faktor bobot hambatan samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Faktor Bobot
Pejalan Kaki	0.5
Kendaraan Parkir/Berhenti	1
Kendaraan keluar/masuk	0.7
Kendaraan bergerak lambat	0.4

Sumber : MKJI 1997, Form UR-2 Hambatan Samping

Setelah frekwensi berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan diperoleh, kemudian dilakukan analisa data dengan mengamati perubahan frekwensi berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan setiap jamnya, serta menganalisa perbedaan factor berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari kerja dan pada hari libur.

Analisa data juga dilakukan dengan melihat bagaimana pengaruh frekuensi berbobot hambatan samping yang ditimbulkan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada ruas jalan Dr. Ratulangi – Jend. Sudirman terhadap kelas hambatan samping jalan tiap jam pengamatan. Tabel 2. Menunjukkan Kelas Hambatan Samping berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang terjadi.

Tabel 2. Kelas Hambatan Samping

kelas hambatan samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	<100	Daerah permukiman;jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 - 299	Daerah permukiman;beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industri,beberapa toko disisi jalan
Tinggi	H	500 - 899	Daerah komersial,aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber : MKJI 1997, Tabel A-4:1 Kelas hambatan sarnping untuk jalan perkotaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Survei geometrik Jalan

Survei geometrik Jalan dilakukan pada malam hari, pada saat kondisi lalu lintas sudah sepi. Survei geometrik Jalan meliputi pengukuran lebar jalan, lebar bahu/trotoar jalan dan pengukuran dimensi lahan samping jalan, disamping itu survei geometrik jalan juga dilakukan untuk mengetahui tipe jalan.

dari survei geometrik jalan yang dilakukan, diketahui tipe jalan pada ruas jalan Ratulangi Kota Makassar yaitu Jalan 4 lajur 2 arah (4/2), ada yang terbagi dan ada yang tidak terbagi (D/UD). Adapun type jalan pada ruas jalan yang ditinjau adalah jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D). sedangkan untuk dimensi jalan, diketahui lebar total jalan adalah 14,5 m, lebar separator jalan 50 cm, lebar jalan untuk masing-masing arah yaitu 7 m, dan lebar masing-masing lajur adalah 3,5 m, lebar bahu/trotoar jalan adalah 50 cm dan dari pengukuran dimensi lahan samping jalan diketahui luas lahan samping jalan yaitu 1163 m^2 untuk mobil dan 420.75 m^2 untuk motor.

2) Frekuensi Berbobot Hambatan Samping Jalan Akibat Adanya Kendaraan Keluar Masuk Pada Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja.

Survei hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja dilakukan selama 2 hari. Pencatatan data dilakukan dengan interval waktu per 15 menit dan rekapitulasi data dilakukan untuk setiap jam. Data hasil survey selama 2 hari kemudian dirata-ratakan sesuai dengan jenis kendaraan yang keluar atau masuk pada lahan samping jalan. Data hasil survey dapat dilihat pada Tabel 3 kolom (2) dan kolom (3).

Tabel 3. Hasil Survey Hambatan Samping Tiap Jam pada Hari Kerja

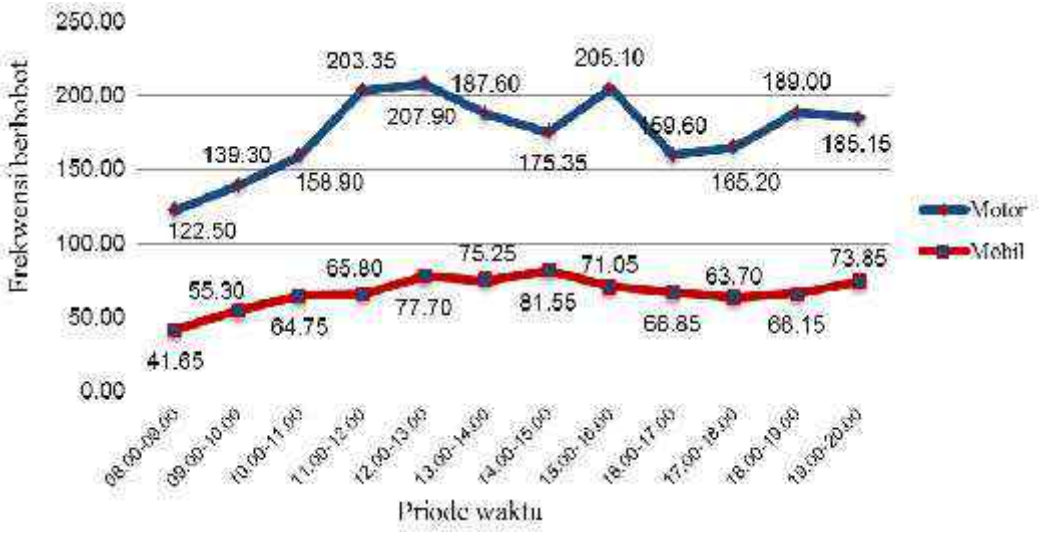
Jam	**Total Kendaraan**		**Total / Jam**	**Koefisien Faktor Bobot**	**Faktor Berbobot**		**Frekwensi Berbobot Kejadian**	**Rata-rata**
	Motor	**Mobil**			**Motor**	**Mobil**		
(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**	**(7)**	**(8)**	
08.00-09.00	175	60	235	0.7	122.50	41.65	164.15	
09.00-10.00	199	79	278	0.7	139.30	55.30	194.6	
10.00-11.00	227	93	320	0.7	158.90	64.75	223.65	
11.00-12.00	291	94	385	0.7	203.35	65.80	269.15	
12.00-13.00	297	111	408	0.7	207.90	77.70	285.6	
13.00-14.00	268	108	376	0.7	187.60	75.25	262.85	**241.9**
14.00-15.00	251	117	367	0.7	175.35	81.55	256.9	
15.00-16.00	293	102	395	0.7	205.10	71.05	276.15	
16.00-17.00	228	96	324	0.7	159.60	66.85	226.45	
17.00-18.00	236	91	327	0.7	165.20	63.70	228.9	
18.00-19.00	270	95	365	0.7	189.00	66.15	255.15	
19.00-20.00	265	106	370	0.7	185.15	73.85	259	

Untuk menentukan frekwensi berbobot hambatan samping, data jumlah hambatan samping yang telah direkapitulasi kemudian dikalikan dengan factor bobot hambatan samping akibat adanya kendaraan yang keluar masuk lahan samping jalan sesuai yang terlihat pada tabel 1. Hasil perhitungan frekuensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan dapat dilihat pada tabel 3 kolom (6) dan kolom (7). Adapun jumlah berbobot kejadian dapat dilihat pada kolom (8).

Berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang diperoleh dari pengolahan data yang dilakukan, dapat dilihat bahwa untuk frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata untuk hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan adalah sebesar 241.9/jam. Nilai ini jika dianalisa berdasarkan tabel 2 sebenarnya masih masuk pada kategori kelas hambatan samping rendah, dimana nilai batas atas untuk kelas hambatan samping kategori rendah adalah memiliki jumlah berbobot sebesar 299.

Jika dianalisa lebih jauh, nilai frekwensi berbobot hambatan samping sebesar 241,9 yang diperoleh, tergolong cukup tinggi, karena selain nilai ini belum merupakan nilai jumlah berbobot hambatan samping yang diambil dari akumulasi frekwensi berbobot hambatan beberapa jenis hambatan samping lainnya (pejalan kaki, kendaraan bergerak lambat dan kendaraan parkir/berhenti pada badan jalan), nilai ini juga hanya menggambarkan hambatan samping pada lokasi yang ditinjau, dimana lokasi dalam penelitian ini hanya meninjau 1 sisi jalan saja, sedangkan jumlah berbobot hambatan samping yang dimaksud pada tabel 2, adalah jumlah berbobot hambatan samping pada 2 sisi jalan.

Analisa juga dilakukan terhadap perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan tiap jam untuk tiap jenis kendaraan. Gambar 1 memperlihatkan perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja.



Gambar 1 . Perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari kerja utuk kendaraan sepeda motor terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 207.90 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 122.50. Untuk kendaraan mobil, frekwensi berbobot terbesar terjadi pada pukul 14.00-15.00 yaitu sebesar 81.55 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 41.65. Secara total keseluruhan, factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 285.6 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 164.15.

Nilai frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja yang diperoleh, dimana secara rata-rata nilai terbesar terjadi pada siang hari, disebabkan sebagian besar aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan terjadi pada saat jam istirahat kerja pada siang hari.

3) Frekuensi Berbobot Hambatan Samping Jalan Akibat Adanya Kendaraan Keluar Masuk Pada Lahan Samping Jalan Pada Hari Libur.

Survei hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur dilakukan selama 1 hari. Pencatatan data dilakukan dengan interval waktu per 15 menit dan rekapitulasi data dilakukan untuk setiap jam. Data hasil survey dapat dilihat pada Tabel 4 kolom (2) dan kolom (3).

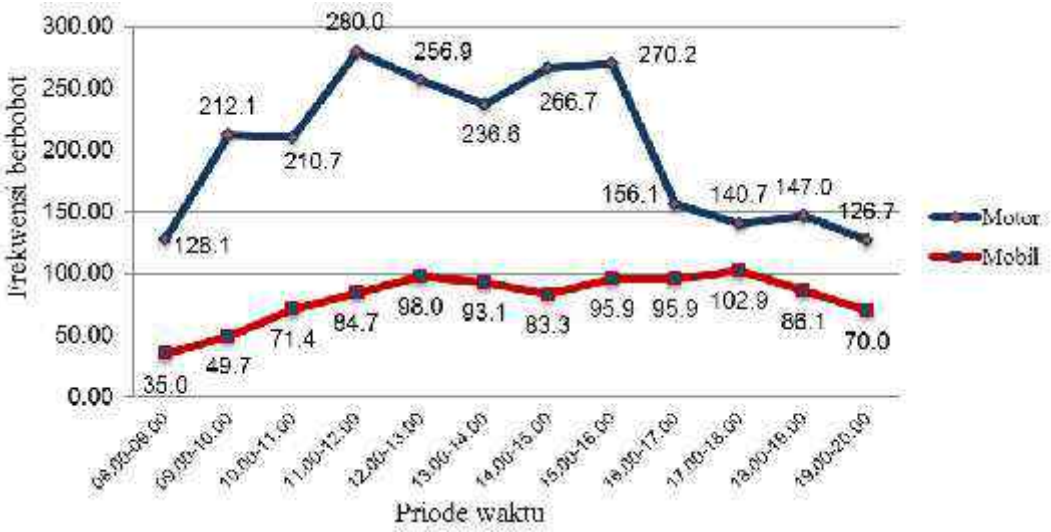
Tabel 4. Hasil Survey Hambatan Samping Tiap Jam pada Hari Libur

Jam	Total Kendaraan		Total / Jam	Koefisien Faktor Bobot	Faktor Bobot		Jumlah Berbobot Kejadian	Rata-rata
	Motor	Mobil			Motor	Mobil		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
08.00-09.00	183	50	233	0.7	128.1	35.0	163.1	
09.00-10.00	303	71	374	0.7	212.1	49.7	261.8	
10.00-11.00	301	102	403	0.7	210.7	71.4	282.1	
11.00-12.00	400	121	521	0.7	280.0	84.7	364.7	
12.00-13.00	367	140	507	0.7	256.9	98.0	354.9	
13.00-14.00	338	133	471	0.7	236.6	93.1	329.7	**283.15**
14.00-15.00	381	119	500	0.7	266.7	83.3	350	
15.00-16.00	386	137	523	0.7	270.2	95.9	366.1	
16.00-17.00	223	137	360	0.7	156.1	95.9	252	
17.00-18.00	201	147	348	0.7	140.7	102.9	243.6	
18.00-19.00	210	123	333	0.7	147.0	86.1	233.1	
19.00-20.00	181	100	281	0.7	126.7	70.0	196.7	

Berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang diperoleh dari pengolahan data yang dilakukan (kolom 8), dapat dilihat bahwa untuk frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata untuk hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan adalah sebesar 283.15/jam. Nilai ini jika dianalisa berdasarkan tabel 2 masih masuk pada kategori kelas hambatan samping rendah mendekati kategori sedang, dimana nilai batas atas untuk kelas hambatan samping kategori rendah adalah memiliki jumlah berbobot sebesar 299.

Jika dianalisa lebih jauh, nilai frekwensi berbobot hambatan samping sebesar 283.15 yang diperoleh, tergolong tinggi, karena sama halnya dengan analisa yang dilakukan untuk hambatan samping pada hari kerja, selain nilai ini belum merupakan nilai jumlah berbobot hambatan samping yang diambil dari akumulasi frekwensi berbobot hambatan beberapa jenis hambatan samping lainnya (pejalan kaki, kendaraan bergerak lambat dan kendaraan parkir/berhenti pada badan jalan), nilai ini juga hanya menggambarkan hambatan samping pada lokasi yang ditinjau, dimana lokasi dalam penelitian ini hanya meninjau 1 sisi jalan saja, sedangkan jumlah berbobot hambatan samping yang dimaksud pada tabel 2, adalah jumlah berbobot hambatan samping pada 2 sisi jalan.

Analisa juga dilakukan terhadap perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan tiap jam untuk tiap jenis kendaraan. Gambar 2 memperlihatkan perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur.



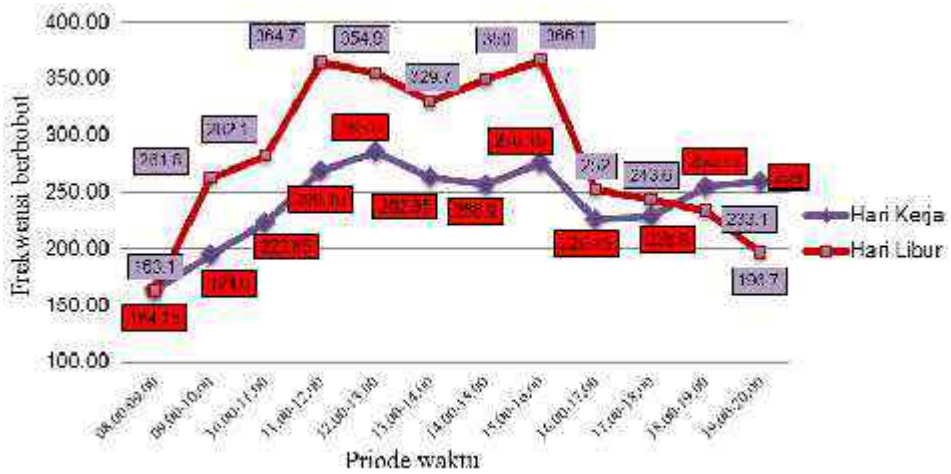
Gambar 2 . Frekuensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari libur utuk kendaraan sepeda motor terbesar terjadi pada pukul 11.00-12.00 yaitu sebesar 280 dan terkecil terjadi pada pukul 19.00-20.00 sebesar 126.7. Untuk kendaraan mobil, frekwensi berbobot terbesar terjadi pada pukul 17.00-18.00 yaitu sebesar 102.9 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 35.0. Secara total keseluruhan, factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 15.00-16.00 yaitu sebesar 366.1 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 163.1.

Nilai frekwensi berbobot hambatan samping pada hari libur yang diperoleh, terdistribusi lebih bervariasi, hal ini disebabkan sebagian besar aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari libur tidak terikat dengan adanya jam kerja.

4. Perbandingan Frekwensi Berbobot Hambatan Samping Setiap Jam Akibat Kendaraan Keluar Masuk Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja Dan Hari Libur

Analisa juga dilakukan dengan membandingkan perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping dari jam ke jam secara total pada hari kerja dan hari libur. Gambar 3 memperlihatkan perbandingan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja dan hari libur.



Gambar 3 . Perbandingan Frekwensi Berbobot Hambatan Samping Setiap Jam Akibat Kendaraan Keluar Masuk Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja Dan Hari Libur

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat secara jelas bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur mulai dari pagi sampai sore hari lebih besar dibandingkan frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja. Hal ini jelas dikarenakan tidak adanya jam kerja yang mengikat pada hari libur, sehingga orang lebih bebas untuk beraktifitas pada siang hari di hari libur.

Nilai frekwensi berbobot hambatan samping baru terlihat berubah pada sore sampai malam hari, dimana pada sore sampai malam hari, frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja lebih besar dibandingkan pada hari libur. Hal ini disebabkan karena pada hari libur, orang lebih memilih untuk beraktifitas pada pagi sampai sore hari dan kembali pulang untuk beristirahat pada sore sampai malam hari.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pada hari kerja factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 285.6 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 164.15 sedangkan pada hari libur factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 15.00-16.00 yaitu sebesar 366.1 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 163.1.

Nilai frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja sebesar 241,9 dan pada hari libur sebesar 283,15. Nilai ini tergolong tinggi karena

penelitian hanya meninjau satu jenis hambatan samping pada satu sisi jalan saja, sedangkan nilai-nilai yang diperoleh sudah mendekati kategori hambatan samping kelas sedang.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] *Badan Pusat Statistik, 2016, Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2015, (On Line), (https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133 , diakses tanggal 7 Juni 2017).*

[2] *Manual Kapasitas Jalan Indonesia. 1997.*

[3] *Marunsenge G S, Timboeleng J A, Elisabeth L. 2015. Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Pada Ruas Jalan Panjaitan (Kelenteng Ban Hing Kiong) dengan Menggunakan Metode Mkji 1997. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.8 Agustus 2015 (571-582) ISSN: 2337-6732.*

[4] *Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004. Jalan.*

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai pemberi hibah dana penelitian, serta kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

ANALISIS KINERJA FISIK BENDUNG UNTUK PENYUSUNAN SKALA PRIORITAS REHABILITASI BENDUNG LEKOPANCING KABUPATEN MAROS

Abdul Rivai Suleman[1)], Hamzah Yusuf[1)] , Erwin Saputra[2)] , Rezky Amalia Putri[2)]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)]*Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This research is intended to analyze the physical performance of the damage to the Lekopancing weir of Maros Regency and determine the scale of priorities in making decisions in the rehabilitation of the Lekopancing weir of Maros Regency. The methodology is carried out directly in the field based on the location that has been determined as the location of measurement and inventorisation. While secondary data was obtained from the Maros Regency Irrigation Agency, Maros Regency Agriculture Agency, and the Jeneberang-Pompengan River Center. The results of the physical performance assessment of the main building of Lekopancing weir are 76.23%. Furthermore, the reduction from 100% to 76.23% obtained a level of damage of 23.77%. This is in accordance with (Permen PUPR, 2015), that the condition of the condition is moderately damaged if the value of the damage rate is 21-40%. As for the results of the determination of priority scale using the Analytical Hierarchy Process (AHP), obtained, as follows; embankment, landmark, drain door, measuring bar, pick-up gate, safety fence, operating board, floor, wing and bridge.

1. PENDAHULUAN

Bendung merupakan bangunan utama. Bangunan bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai atau sudetan sungai untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkannya (Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung SKSNI, T-02-1990F yang diterbitkan DEP. PU, 1990).

Menurut Kresno Wikan. dkk (2017), bendung merupakan bangunan air yang banyak dibangun sebagai salah satu solusi dalam berbagai masalah yang berhubungan dengan sumber daya air, untuk pemanfaatan, pengelolaan dan pelestarian. Resiko kegagalan bendung merupakan ancaman bahaya yang tidak dapat dihindari oleh masyarakat di hilir bendung. Dengan bertambahnya usia, bendung akan mengalami penurunan kualitas baik dari segi fisik, fungsi maupun keamanan bendung.

Di Kabupaten Maros untuk mengendalikan aliran air Sungai Maros agar dapat dipergunakan untuk kebutuhan masyarakat dibangunlah Bendung Leko Pancing yang membentang dialiran Sungai Lekopancing di Desa Pucak Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros. Bendung Lekopancing terletak pada titik koordinat 5˚7’41.09” S dan 119˚38’19.84” T, Dibangun pada tahun 1971 s.d 1972 oleh PU. Cipta Karya. Daerah Irigasi Lekopancingluasnya 3.626 Ha berada di 3 Kecamatan, yaitu : Kecamatan Tanralili, Kecamatan Mandai, dan Kecamatan Simbang (Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, 2015).

Menurut Mahmud (2017), fungsi utama dari Bendung Lekopancing ini sebagai sumber air baku yang di kelolah oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar dan PDAM Maros dan setelah ketersediaan air untuk air baku tersebut tersedia setelahnya air dari Bendung Lekopancing didistribusikan untuk irigasi pertanian masyarakat.

Mengingat pentingnya peranan bendung Lekopancing dalam peningkatan produktivitas padi serta sebagai sumber air baku, maka bangunan bendung harus tetap prima. Banyak kerusakan yang terjadi pada bangunan utama bendung Lekopancing salah satunya pintu penguras yang tidak berfungsi untuk melakukan pengurasan, sehingga terjadi pendangkalan karena jumlah sedimentasi terus terakumulasi di bendung mengakibatkan terganggunya aliran air untuk irigasi sehingga banyak area sawah yang masih kekurangan air bahkan terjadi kekeringan bila memasuki musim kemarau (Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang, 2015).

Dengan mempertimbangkan masalah-masalah yang diuraikan diatas rehabilitasi merupakan langkah yang mutlak untuk dilakukan segera saat ini, khususnya untuk mendukung ketahanan pangan. Pemerintah melalui APBN menyediakan Dana Alokasi Khusus (DAK) yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan rehabilitasi dengan tujuan untuk meningkatkan fungsi dan kondisi fisik bangunan irigasi. Alokasi DAK yang terbatas mangakibatkan pelaksanaan rehabilitasi harus dilakukan secara bertahap tetapi berkelanjutan, sehingga diperlukan analisis prioritas rehabilitasi. Analisis prioritas rehabilitasi bendung sangat penting untuk

[1] Korespondensi penulis: Abdul Rivai Suleman, Telp 085299396218, rivai.suleman@poliupg.ac.id

dilakukan sebelum bangunan direhabilitasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui skala prioritas kerusakan serta meninjau bangunan bendung tersebut layak direhabilitasi atau tidak.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui :

1. Bagaimana kinerja fisik bendung Lekopancing Kabupaten Maros?
2. Bagaimana cara pengambilan keputusan skala priritas yang tepat terhadap rehabilitasi bendung Lekopancing Kabupaten. Maros?

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini:

1. Menganalisis kinerja fisik bendung Lekopancing Kabupaten Maros
2. Mengetahui skala prioritas pengambilan keputusan dalam rehabilitasi bendung Lekopancing Kabupaten Maros.

2. METODE PENELITIAN

Adapun tempat penelitian berada di berada di Daerah Irigasi Lekopancing Desa Lekopancing, Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat 05˚07'41.37" Lintang Selatan dan 119˚38'19.20" Bujur Timur dengan luas daerah irigasi daerah irigasi potensial sebesar 3.626 Ha dan luas fungsional 3.578 H dengan panjang saluran panjang saluran 35205 m. (Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan jeneberang, 2015).

Sumber: Petatematikindo, 2015

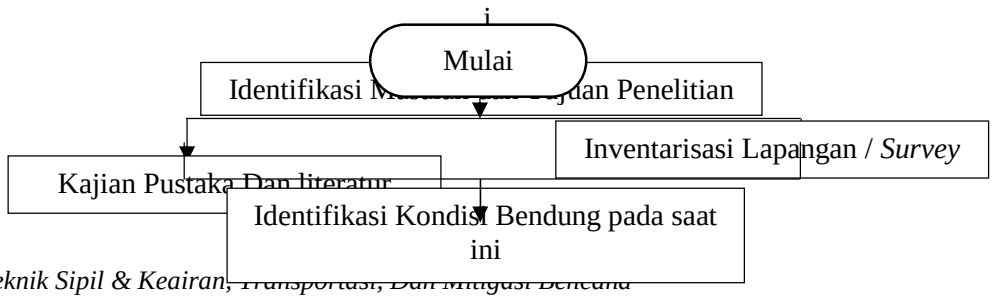
Gambar 1. Lokasi penelitian

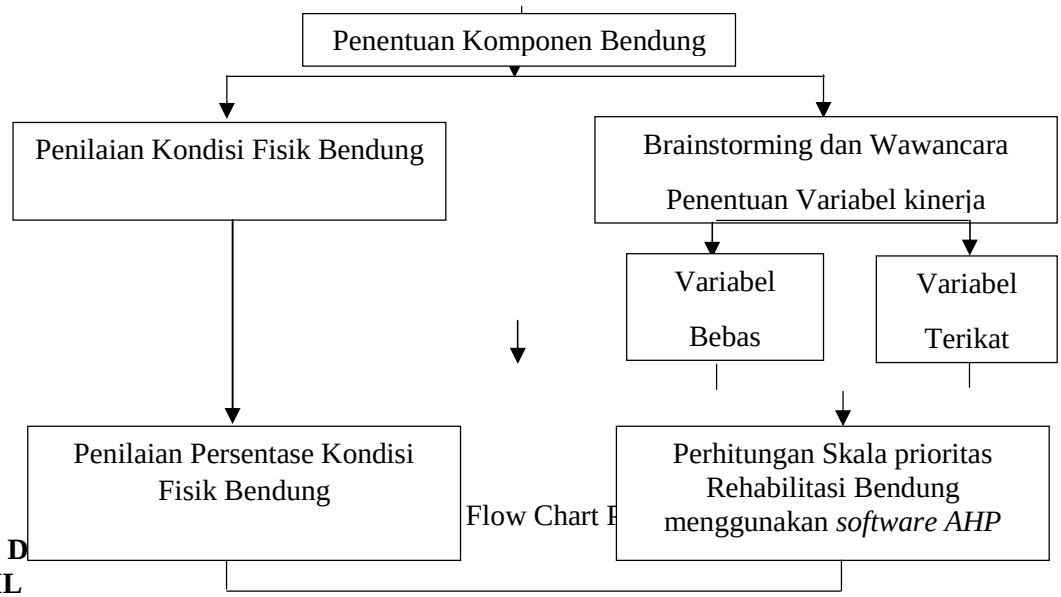
Alat dan Bahan Penelitian

Adapun Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Meteran gulung (Pita ukur).
2. Alat tulis untuk mencatat data.
3. Alat transportasi (motor) dan perlenapannya.
4. Kamera untuk doumentasi kegiatan survei di lapangan.
5. Komputer (lengkap dengan laptop yang terinstal dengan alikasi Analitical Hierarchi Process (AHP) dan Microsoft Office yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengolah datanya.

   Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut ini :





Flow Chart P

3. HASIL D

3.1. HASIL

3.1.1. Penilaian Kinerja Kondisi Fisik Bendung Lekopancing

Pembahasan

Berdasarkan batasan masalah m cing yang ditinjau hanya pada bangunan utama bendung. Komponen bangunan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat NO. 12/PRT/M/2015 yaitu Mercu, Sayap, Lantai, Tanggul, Jembatan, Papan Operasi, Mistar ukur, Pagar pengaman, Pintu P yang ditunjukkan pada Tabel 1, sebagai berikut;

Kesimpulan Dan Saran

Selesai

Tabel 1. Komponen Bangunan Utama Bendung

No	Komponen
1	Mercu
2	Sayap
3	Lantai
4	Tanggul
5	Jembatan
6	Papan Operasi
7	Mistar Ukur
8	Pagar Pengaman
9	Pintu Pengambilan
10	Pintu Penguras

Sumber : (Peraturan Menteri P.U.P.R NO.12/PRT/M/2015)

Kriteria penilaian kinerja bendung dibuat untuk masing-masing komponen bendung. Kriteria pada masing-masing komponen bendung kemudian dikelompokan berdasarkan tinjauan kerusakan struktur komponennya, yang disebut Indikator. Setiap indikator memiliki beberapa kondisi yang dapat dibedakan menjadi tiga kriteria kerusakan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, sebagai berikut;

Tabel 2. Kriteria kerusakan komponen

Kriteria	Uraian
Runtuh	Struktur aset tidak utuh, sebagian terlepas dari struktur aset
Bocor	Struktur aset utuh, terdapat kerusakan berupa kebocoran pada struktur aset
Lapisan	struktur aset utuh, terdapat retakan atau lapisan terkelupas pada struktur

Terkelupas	aset

Sumber : Skripsi Paryogi, 2015

Penilaian kerusakan pada jenis bocor dan lapisan terkelupas dilakukan dengan melihat presentase luas kerusakan dari luas desain awal bangunan. Sedangkan pada jenis kerusakan runtuh, merupakan persentase panjang bangunan yang rusak dari total panjang bangunan. Kriteria penilaian kerusakan strukur komponen bendung diambil berdasarkan OP-01 (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Nomor, 05/SE/D/2016). Setelah persentase kerusakan di analisis, hasil dari analisis tersebut kemudian dimasukan dalam klasifikasi kondisi komponen. Klasifikasi kondisi komponen mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2015

Setelah melakukan klasifikasi kondisi komponen, seperti yang ditunjukkan pada Tabel2, maka dilakukan perhitungan kinerja fisik bendung Lekopancing Kabupaten Maros berdasarkan data dari hasil inventarisasi dan *survey* di lapangan. Nilai kondisi pada komponen kinerja fisik bendung didapat dari perkalian antara persentase kerusakan komponen dengan bobot kinerja fisik komponen bendung berdasarkan metode AHP. Penilaian kondisi fisik bendung dapat dilihat pada Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Penilaian dan Skor Kinerja bendung

Uraian	Bobot Bagian %	Nilai Bagian %	Keterangan	Indeks Kondisi	
				Yang Ada %	Maksimum %
1	2	3	4	5	6
Prasarana Fisik					
1. Bangunan Utama			Jumlah	**9,91**	**13,00**
1.1 Bendung	75,8	100	Sub Jumlah	3,71	5,00
a. Mercu	80,7	20		0,8	1,00
b. Sayap	99,3	15		0,74	0,75
c. Lantai	96,3	20		0,96	1,00
d. Tanggul	53,4	20		0,5	1,00
e. Jembatan	99,5	5		0,24	0,25
f. Papan Operasi	75	10		0,37	0,50
g. Mistar Ukur	0	5		0	0,25
h. Pagar Pengaman	47,6	5		0,1	0,25
1.2 Pintu-pintu bendung dan roda gigi dapat dioperasikan	78	100		6,2	8,00
a. Pintu Pengambilan	90	50		3,6	4,00
b. Pintu Penguras	65	50		2,6	4,00

Sumber: Hasil *Survey*, 2019

Dari Tabel 3 tersebut diatas diperoleh rekapitulasi penilaian dan skor kinerja bendung berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan dan Perumahan Rakyat No.12/PRT/M/2015, adapun nilai kinerja fisik pada bangunan utama bendung Lekopancing mencapai skor kinerja 9,91 dari skala 13,00 atau dalam bentuk persen $\frac{9,91}{13,00}$ x 100 = 76,23 %.

3.1.2. Skala Prioritas Rehabilitasi Bendung Lekopancing

Urutan skala prioritas berdasarkan tingkat kerusakan komponen dan tingkat kepentingan komponen tersebut terhadap komponen lainnya. Skala prioritas rehabilitasi dapat dilihat pada Tabel 4, sebagai berikut :

Tabel 4. Skala Prioritas Rehabilitasi

Komponen	Urutan
Tanggul penutup	1
Mercu	2
Pintu Penguras	3
Mistar ukur	4
Pintu Pengambilan	5
Pagar pengaman	6
Papan Operasi	7
Lantai	8
Sayap	9
Jembatan	10

Sumber : Hasil Analisis, 2019

3.2. PEMBAHASAN

3.2.1. Penilaian Kinerja Kondisi Fisik Bendung Lekopancing

Dari hasil inventarisasi di lapangan, bangunan utama terdiri dari 10 komponen. Komponen bangunan utama mengalami kerusakan berupa lapisan terkelupas, bocor, runtuh atau hilang. Hasil penilaian kinerja fisik bangunan utama bendung Lekopancing, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 adalah 76,23 %. Hasil pengurangan 100 % dengan 76,23 % didapatkan tingkat kerusakan sebesar 23,77 %. Hal ini sesuai dengan (Permen PUPR, 2015), bahwa kondisi baik jika nilai tingkat kerusakan < 10%; kondisi rusak ringan jika nilai tingkat kerusakan 10 - 20 %; kondisi rusak sedang jika nilai tingkat kerusakan 21–40% dan kondisi rusak berat jika nilai tingkat kerusakan > 40 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi fisik bendung Lekopancing dalam kategoti rusak sedang.

3.2.2. Skala Prioritas Rehabilitasi Bendung Lekopancing

Skala prioritas rehabilitasi disusun berdasarkan metode *Analitical HirarchyProcess (AHP).* Hasil penentuan skala prioritas, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari Tabel 3, maka didapatkan urutan nilai tertinggi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, sebagai berikut; tanggul, mercu, pintu penguras, mistar ukur, pintu pengambilan, pagar pengaman, papan operasi, lantai, sayap dan jembatan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapat kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian sebagai berikut :

1) Tingkat kinerja fisik bangunan utama bendung Lekopancing Kabupaten Maros yaitu sebesar 76,23 %, atau tingkat kerusakan sebesar 23,77 %, berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12/PRT/M/2015 maka bangunan utama bendung masuk dalam kategori rusak sedang dan diperlukan pemeliharaan yang cukup besar.
2) Analisis skala prioritas rehabilitasi pada bangunan utama bendung Lekopancing Kabupaten Maros dengan menggunakan metode *Analitical hirarchy process (AHP)*secara berurut adalah Tanggul, Mercu, Pintu Penguras, Mistar ukur, Pintu pengambilan, Pagar pengaman, Papan operasi, Lantai, Sayap, Jembatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonim. 2015. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor: 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi danPemeliharaan Jaringan Irigasi, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

[2] Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang. 2015. Profil Aset Irigasi Daerah Irigasi Lekopancing. Makassar.

[3] Departemen PU. 1990. Standar SK SNI T-02-1990-F: Tata Cara Perencanaan Umum Bendung.
[4] Kresno Wikan Sandono, Goji Pamungkas. Dkk. 2017. Analisis Geologi Teknik Pada Kegagalan Bendung Cipamingkis, Bogor, Provinsi Jawa Barat. Universitas Diponegoro.
[5] Mahmud. 2017. Eksistensi Bendung Lekopancing di Kabupaten Maros 1973 – 2016. Jurnal Pattingalloang: Universitas Negeri Makassar.

PENGARUH PANAS PADA BETON MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH SERAT TEBU

Jhon Asik[1], Aisyah Zakariah[1]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRACT

Buildings in the field of civil construction are increasingly using concrete materials. Concrete mix material is taken from various sources, both the type of material and the place / location of the collection. With the provisions of the entire type of material / material meets the specified specifications.
Concrete is one of the construction materials used in the field of Civil Engineering as a structural material. In the field of concrete construction, the fulfillment of the compressive strength of concrete must continue to meet the requirements set down because it is a measure of Concrete Quality. However, the quality of concrete still depends on the material used and the influence of environmental conditions where the concrete is used.
This study aims to determine the compressive strength and changes in concrete using bagasse with the influence of temperatures varying 2500C, 2000C and 2500C and with variations in the heating time of 3 hours, 6 hours and 9 hours.
The results of the study will show the compressive strength and changes in the physical concrete that are seen visually.

Keywords: Compressive Strength, Cane Fiber.

1. LATAR BELAKANG

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak dipakai dalam pembangunan dalam bidang konstruksi, seperti jalan dan jembatan, perumahan atau gedung.dan sebagainya. Harganya yang relatif murah dan kemudahan dalam pelaksanaannya membuat beton semakin tak tergantikan dalam dunia konstruksi. Beton juga memiliki kekuatan yang baik, tahan api, tahan terhadap perubahan cuaca, serta relatif mudah dalam pengerjaan.

Sebagai negara yang mempunyai lahan pertaniaan dan perkebunan sangat luas, tentunya tidak asing lagi dengan limbah-limbah buangan yang dihasilkan oleh pengelolah hasil alam itu. Limbah-limbah tersebut seperti ampas tebu yang pada umumnya tidak dimanfaatkan lagi.

Pabrik Gula di Bone (Arasoe) merupakan pabrik gula yang juga memasok kebutuhan gula di Kabupaten Bone dan sekitarnya. Sebelum masuk ke limbah ampas tebu yang dihasilkan adalah 1,5 m^3/jam. Limbah yang dihasilkan hanya dihampar dipakarangan dan tidak memanfaatkan sehingga dapat mencemari udara karna ukurannya halus sehingga mudah beterbangan. Ampas tebu merupakan bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen.

Melihat sifat dari ampas tebu yang mudah terbakar, maka perlu penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan beton dengan menambahkan ampas tebu yang di tinjau dari akibat pengaruh panasnya, karena salah satu faktor beton yang baik adalah tahan terhadap panas dan sifat dari ampas tebu yang mudah terbakar. Namun struktur beton akan kehilangan sifat-sifatnya jika terjadi sebuah cacat kontruksi, salah satu contohnya adalah kebakaran.

Berdasarkan penelitian terdahulu bahwa pengaruh kebakaran pada beton mulai berubah pada suhu 300^0C seiring dengan kekuatan beton akan menurun sampai pada suhu 600^0C kekuatan beton semakin menurun serta permukaan pada beton mulai terjadi retak-retak rambut. Sampai pada suhu 1000^0C beton pecah dan telah kehilangan kekuatannya sama sekali.

Untuk penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penurunan kekuatan tekan beton akibat pengaruh panas pada suhu 150^0C, suhu 200^0C dan suhu 250^0C dengan lama pemanasan 3 jam , 6 jam dan 9 jam. Keadaan ini sebagai perkiraan kejadian kebakaran yang biasa terjadi dan untuk selanjutnya beton masih tetap dipertahankan.

2. METODE PENELITIAN

1. Persiapan penelitian
   a). Agregat halus (pasir)

[1] Korespondensi penulis: Jhon Asik, Telp. 081354909503, jhonasiks@poliupg.ac.id

b). Agregat kasar (batupecah)
c). Bahan tambahan (ampas tebu), bahan bakunya di peroleh dari pabrik gula bone (ARASOE)

2. Pembuatan benda uji
a. Penkaran material beton
b. Pencampuran material beton (semen,pasir, air,batu pecah, dan ampas tebu)
c. Pengadukan dan penuangan campuran beton ke benda uji silinder.
d. Pemadatan beton
e. Benda uji silinder disimpan 24 jam
f. Benda uji silinder dikeluarkan dari cetakan.
g. Benda uji silinder ditimbang kemudian masuk kedalam proses perawatan dengan perendaman selama 28 hari.

3. Perawatan (curing)
Pada penelitian ini kami menggunakan metode perawat dengan pembasahan yaitu menaruh beton segar dalam kolam bak perendaman dalam waktu 28 hari.

4. Pemanasan benda uji.
Pada umur 28 hari, beton yang menggunakan bahan tambah ampas tebu dimasukkan ke dalam oven dengan variasi suhu 150°C, 200°C, 250°C dengan lama pemanasan 3, 6, 9 jam.

5. Pengujian benda uji.
Proses pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :
a. Setelah perendaman sampel beton dilakukan selama 27 hari untuk umur 28 hari, benda uji diangkat atau dikeluarkan dari kolam bak perendaman kemudian biarkan selama 1 hari (± 24 jam).
b. Setelah dibiarkan selama 1 hari (± 24 jam), Benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya.
c. Kemudian benda uji di masukkan dalam oven dengan variasi suhu 150°C, 200°C, 250°C dengan lama pemanasan 3, 6, 9 jam.
d. Kemudian menekan benda uji dalam mesin penekan hingga dicapai kekuatan maksimumnya.
e. Setelah kuat tekan rata – rata atau mutu beton yang dihasilakan dan pola keretakan yang terjadi akibat pemanasan.

6. Analisis Data
Setelah melakukan prosedur pengujian akan didapatkan hasil ketahanan panas yang dimiliki oleh setiap benda uji.

3. HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK AGREGAT

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar setelah dilakukan analisis data, maka diperoleh hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 5.1, tabel 5.2 dan table 5.3 sedangkan hasil lengkap pengujian dapat dilihat pada lampiran 1 untuk agregat halus dan lampiran 2 untuk agregat kasar.

Tabel 5.1 Hasil Pemerikasaan Karakteristik Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
1	Kadar Air	4.516	5-Mar	%	Memenuhi
2	Berat Volume	1,51	1.4 – 1.9	Kg/ltr	Memenuhi
3	Berat Jenis	2,620	1.6 – 3.2	-	Memenuhi
4	Penyerapan	1,826	0.2 – 2.0	%	Memenuhi
5	Kadar Lumpur	3.251	< 5	%	Memenuhi
6	Kadar Organik	No.2	≤ No.3		Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	3,10	2.2 – 3.1		Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian di laboratorium

Dari hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus diperoleh Kadar air sebesar 4,516% yang menunjukkan bahwa hasil pengujian tersebut tersebut memenuhi syarat dan Kadar lumpur sebesar 3,251% yang mana jumlah tersebut memenuhi syarat.

Untuk pengujian Berat Volume kondisi lepas diperoleh 1,51 kg/ltr yang mana jumlah tersebut memenuhi syarat., pada pengujian Berat Jenis sebesar 2,620% telah memenuhi syarat. Absorpsi sebesar

1,826 % menunjukkan bahwa hasil pengujian tersebut telah memenuhi syarat, dan yang terakhir pada pengujian modulus kehalusan diperoleh hasil yaitu 3,10 pasir dapat dikatakan telah memenuhi syarat.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar 1/2

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
1	Kadar Air	1.29	0.2 - 2	%	Memenuhi
2	Berat Volume	1,35	1.6 – 1.9	Kg/ltr	Lebih Kecil
3	Berat Jenis	2,567	1.6 – 3.2	-	Memenuhi
4	Penyerapan	1,170	0.2 – 4.6	%	Memenuhi
5	Kadar Lumpur	0.58	≤ 1	%	Memenuhi
6	Keausan	20,68	15 – 50	%	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	6,81	5.5 – 8.5	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian di laboratorium

Adapun hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar 1/2 yaitu kadar air, kadar lumpur ,berat volume, berat jenis, absorpsi, keausan dan modulus kehalusan semuanya memenuhi syarat.

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar 2/3

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
1	Kadar Air	1,38	0.2 - 2	%	Memenuhi
2	Berat Volume	1,37	1.6 – 1.9	Kg/ltr	Lebih Kecil
3	Berat Jenis	2,612	1.6 – 3.2	-	Memenuhi
4	Penyerapan	1,079	0.2 – 4.6	%	Memenuhi
5	Kadar Lumpur	0.95	≤ 1	%	Memenuhi
6	Keausan	20,68	15 – 50	%	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	7,20	5.5 – 8.5	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian di laboratorium

Adapun hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar 2/3 yaitu kadar air, kadar lumpur ,berat volume, berat jenis, absorpsi, keausan dan modulus kehalusan semuanya memenuhi syarat.

Kuat Tekan Beton

Komposisi Rancangan Beton

Secara umum sebelum pembuatan benda uji, sebelumnya dilakukan perancangan campuran dan kekuatan beton yang diinginkan. Hal ini dilakukan guna memenuhi aspek ekonomi yakni biaya dibutuhkan sesuai untuk penyediaan bahan, selain itu juga dapat memenuhi kekuatan struktur.

Pada perencanaan beton ini delakukan rancangan campuran metode DOE dengan menggunakan benda uji silinder untuk pengujian pengaruh panas pada beton. Berikut adalah hasil rancangan campuran beton yang dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Rancangan Setelah dikoreksi untuk Silinder (Tiap 1 m^3)

Volume (m^3)	Semen (kg/m^3)	Agregat halus (kg/m^3)	Agregat kasar (kg/m^3)	Air (kg/m^3)	Berat total (kg/m^3)
1	**385**	**645**	**1099**	**200**	**2329**
1 x adukan 0.0188	**7.253**	**12.126**	**20.661**	**3.760**	**43.785**

Sumber: Hasil Perhitungan

$V = ¼ \times 3.14 \times d^2 \times 0,20 \times 1,2 \times 10$

$= ¼ \times 3.14 \times 0,1^2 \times 0,20 \times 1,2 \times 10$

$= \mathbf{0.0188\ m^3}$

Kuat Tekan

Setelah dilakukan uji tekan beton silinder, maka kuat tekan (mutu) beton yang diperoleh disajikan pada table 5.5 :

Tabel 5.5 Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Nr.1	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	245.2	24520	312.36
2	Nr.2	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	264.6	26460	337.07
3	Nr.3	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	254.9	25490	324.71
4	Nr.4	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	250	25000	318.47
5	Nr.5	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	304.3	30430	387.64
Jumlah								**1,680.25**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**336.05**

Tabel 5.6. Kuat Tekan dengan Bahan Tambah Ampas Tebu 3 %

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 1	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	304.3	30430	387.64
2	AT 2	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	271	27100	345.22
3	AT 3	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	226.4	22640	288.41
4	AT 4	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	240	24000	305.73
5	AT 5	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	268.2	26820	341.66
Jumlah								**1,668.66**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**333.73**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 150^0 C, Waktu 3 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 6	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	268.2	26820	341.66
2	AT 7	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	229.4	22940	292.23
3	AT 8	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	250.9	25090	319.62
4	AT 9	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	215.4	21540	274.39
5	AT 10	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	251.1	25110	319.87
Jumlah								**1,547.77**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**309.55**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 150^0 C, Waktu 6 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 11	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	251.1	25110	319.87

2	AT 12	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	230.8	23080	294.01
3	AT 13	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	251.1	25110	319.87
4	AT 14	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	220.4	22040	280.76
5	AT 15	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	251.1	25110	319.87
Jumlah								**1,534.39**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**306.88**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 150^0 C, Waktu 9 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 16	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	280	28000	356.69
2	AT 17	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	264.4	26440	336.82
3	AT 18	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	214.1	21410	272.74
4	AT 19	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	209.6	20960	267.01
5	AT 20	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	234.1	23410	298.22
Jumlah								**1,531.46**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**306.29**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 200^0 C, Waktu 3 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 21	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	260.8	26080	332.23
2	AT 22	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	200.4	20040	255.29
3	AT 23	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	262	26200	333.76
4	AT 24	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	210.2	21020	267.77
5	AT 25	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	262	26200	333.76
Jumlah								**1,522.80**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**304.56**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 200^0 C, Waktu 6 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AT 26	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	262	26200	333.76
2	AT 27	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	200.8	20080	255.80
3	AT 28	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	236	23600	300.64
4	AT 29	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	262	26200	333.76
5	AT 30	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	230.8	23080	294.01
Jumlah								**1,517.96**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**303.59**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 200^0 C, Waktu 9 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test	Luas (A)	Beban (P)		Kuat Tekan
		Cor	Tes			KN	Kg	

				(hari)	(Cm2)			(fc=P/A) (Kg/Cm2)
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	AT 31	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	198.4	19840	252.74
2	AT 32	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	246.7	24670	314.27
3	AT 33	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	257.1	25710	327.52
4	AT 34	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	190.8	19080	243.06
5	AT 35	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	242.6	24260	309.04
Jumlah								**1,446.62**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**289.32**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 250^0 C, Waktu 3 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	AT 36	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	214.6	21460	273.38
2	AT 37	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	242.6	24260	309.04
3	AT 38	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	190.8	19080	243.06
4	AT 39	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	220.01	22001	280.27
5	AT 40	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	240.2	24020	305.99
Jumlah								**1,411.73**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**282.35**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 250^0 C, Waktu 6 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	AT 41	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	210	21000	267.52
2	AT 42	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	194.8	19480	248.15
3	AT 43	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	242.6	24260	309.04
4	AT 44	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	230.2	23020	293.25
5	AT 45	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	198.4	19840	252.74
Jumlah								**1,370.70**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**274.14**

Kuat Tekan denagn Ampas Tebu 3 %, Suhu 250^0 C, Waktu 9 Jam

No.	Kode	Tanggal		Umur Test (hari)	Luas (A) (Cm2)	Beban (P)		Kuat Tekan (fc=P/A) (Kg/Cm2)
		Cor	Tes			KN	Kg	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	AT 46	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	231.3	23130	294.65
2	AT 47	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	190.8	19080	243.06
3	AT 48	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	234.3	23430	298.47
4	AT 49	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	200.1	20010	254.90
5	AT 50	13/5/2019	10/6/2019	28	78.5	216.2	21620	275.41
Jumlah								**1,366.50**
Kuat Tekan Rata-Rata (fcr) kg/Cm2								**273.30**

Tabel Hasil kuat tekan beton normal dan tiap variasi ;

No.	Variasi Bahan Tambah	Suhu Pemanasan	Waktu Lamanya Pemanasan	Kuat Tekan Rata-Rata Kg/Cm2
1	0	-	-	336.02
2	3%	-	-	333.73
3	3%	150	3 Jam	309.56
4	3%	150	6 Jam	306.88
5	3%	150	9 Jam	308.28
6	3%	200	3 Jam	304.56
7	3%	200	6 Jam	303.6
8	3%	200	9 Jam	289.38
9	3%	250	3 Jam	282.35
10	3%	250	6 Jam	274.14
11	3%	250	9 Jam	273.32

Analisa kuat tekan beton normal dan tiap variasi

Selisih kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton penambahan ampas tebu ; 336,02 kg/cm^2 – 333,73 kg/cm^2 = 2,29 kg/cm^2

1. Prosentase penurunan = (2,29 kg/cm^2 : 336,02) x 100 = 0,70 %
2. **Selisi kuat tekan beton suhu pemanasan 150^{0}C ;**
   - 333,73 kg/cm^2 - 304,56 kg/cm^2 = 24,17 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 303,6 kg/cm^2 = 26,85 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 289,39 kg/cm^2 = 26,45 kg/cm^2

   Rata-rata = 25,49 kg/cm^2

   Prosentase rata-rata (25,49 kg/cm^2 : 336,73) x 100 = 7,6 %
3. **Selisi kuat tekan beton suhu pemanasan 200^{0}C ;**
   - 333,73 kg/cm^2 – 309,56 kg/cm^2 = 24,17 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 306,88 kg/cm^2 = 30,17 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 308,28 kg/cm^2 = 44,40 kg/cm^2

   Rata-rata = 34,58 kg/cm^2

   Prosentase rata-rata (34,58 kg/cm^2 : 333,73) x 100 = 10,36 %
4. **Selisi kuat tekan beton suhu pemanasan 250^{0}C ;**
   - 333,73 kg/cm^2 – 282,35 kg/cm^2 = 51,38 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 274,14 kg/cm^2 = 59,59 kg/cm^2
   - 333,73 kg/cm^2 - 273,32 kg/cm^2 = 60,41 kg/cm^2

   Rata-rata = 57,12 kg/cm^2

   Prosentase rata-rata (57,12 kg/cm^2 : 333,73) x 100 = 15,31 %

4. KESIMPULAN

Sesuai uraian dan analisa data pengaruh panas pada kuat tekan beton dengan bahan tambah ampas tebu dapat disimpulkan:

1. Kuat tekan rata-rata beton normal dan beton menggunakan ampas tebu 3 % pada suhu normal, turun sebesar 2,2 kg/cm^2 (0,70 %).

   Untuk kuat tekan rata-rata beton yang dipanaskan pada suhu 150 ^{0}C dengan waktu selama 3 jam, 6 jam dan selama 9 jam terjadi penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 24,17 kg/cm^2, 26,85 kg/cm^2 dan 25,45 kg/cm^2 atau dengan pemanasan selama waktu 3 jam – 9 jam terjadi penurunan rata-rata 7,6 %.

   Kuat tekan beton yang dipanaskan pada suhu 200 ^{0}C dengan waktu 3 jam, 6 jam dan 9 jam terjadi penurunan kuat tekan rata-rata 29,17 kg/cm^2 30,17 kg/cm^2 dan 44,40 kg/cm^2 juga dengan perlakuan pemansan selawa 3 jam – 9 jam terjadi penurunan rata-rata 20,36 %, serta kuat tekan beton yang dipanaskan pada suhu 250 ^{0}C selama 3 jam, 6 jam dan 9 jam mengalami penurunan 51,38 kg/cm^2, 59,59 kg/cm^2 dan 60,36 cm^2 dengan rata-rata penurunan sebesar 15,31 %. Dengan demikian

penurunan kuat tekan beton terus terjadi, namun hasil kuat tekan rata-rata yang terjadi masih lebih besar dari kuat tekan yang dorencanakan K-225.

2. Hasil pengujian benda uji beton pada suhu 150 ^{0}C, 200 ^{0}C dan 250 ^{0}C dengan waktu pemanasan 3 jam, 6 jam dan 9 jam belum berpengaruh pada struktur beton karena kekuatan beton dipengaruhi dan hanya turun 7,6 %, 10,36 % dan 15, 31 %

DAFTAR PUSTAKA

Akkas, Abdul Majid,1996, *Rekayasa Bahan / Bahan Bangunan*, Jurusan Sipil, Makassar

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI1971)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder SNI 1974-2011*, Badan Standarisasi Nasional

Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural SNI 03-2461-2002*, Badan Standarisasi Nasional

Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dengan Standar SK SNI03-2487-2002*, Badan Standarisasi Nasional

Departemen Pekerjaan Umum, 2008, *Cara Uji Berat Isi Beton Ringan Struktural SNI 3402-2008*, Badan Standarisasi Nasional

Dharmagiri, I.B, dkk. 2008. *Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Penambahan Styrofoam(Styrocon)*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil,Vol12No. 1

Paul Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta

Samekto, Wuriyati dan Rahmadianto, Candra. 2001, *Teknologi Beton*, Penerbit Kanisius,Yogyakarta.

SNI 03-6889-2002. *Tata Cara Pengambilan Contoh Agregat.*

KAJIAN PENGGUNAAN BATU LATERIT DARI KECAMATAN TENGGARONG SEBERANG PADA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE* (AC-BC)

Ashadi Putrawirawan[1)], Rafian Tristo[1)], Ibayasid[1)], Erlita Widya Ayuningtyas[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda*
[2)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda*

ABSTRACT

Use of laterite as a coarse aggregate in asphalt pavement mixture has not been fully utilized optimally and only used as a pile of the road material. The potential of laterite stones is quite large because East Kalimantan has an abundant source of laterite stones, one of them is from Mulawarman village Tenggarong Seberang district. The purpose of this study is to determine the properties of Marshall and determine the amount of Optimum Asphalt content from the use of laterite stones as a substitute for coarse aggregate. In this research, Marshall specimens were made with variations of laterite stones as a substitute for coarse aggregate are 0%, 12.5%, 25%, 37.5% and 50% and the planned asphalt content are 4%, 4.5%, 5 %, 5.5%, and 6% which will then be known as optimum asphalt content, stability, flow, VIM, VMA, VFA and MQ in the mixture of Laston (AC-BC).Based on the results of the study obtained the use of laterite as a substitute for coarse aggregate on AC-BC maximum of 50% and Optimum Asphalt Content value of 5.48% with Marshall characteristics including stability values 1980 kg, flow 3.95%, VIM 4.96%, VMA 16.42%, VFA 72.07% and MQ 510.63 kg/mm. The results showed that the mixture of AC-BC with a substitute for coarse aggregate using laterite met the requirements for AC-BC asphalt concrete layer.

***Key words** : AC-BC, Laterite, Coarse aggregate, Marshall, Optimum Asphalt Content*

1. PENDAHULUAN

Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) adalah lapisan yang termasuk dalam campuran Laston. Komposisi *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) adalah aspal dan agregat batu split. Batu split dapat juga dicampur dengan material lainnya misalnya batu laterit. Kalimantan Timur mempunyai sumber (*Quarry*) batu laterit yang melimpah, salah satunya dari desa Mulawarman. Sampai saat ini penggunaan batu laterit hanya sebatas sebagai bahan timbunan Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) biasanya menggunakan agregat batu split. Umumnya di Samarinda dan Tenggarong menggunakan batu split dari Palu. Harga batu Palu sampai di Samarinda dan Tenggarong cukup mahal, maka dari itu dicoba menggunakan campuran batu split Palu dan batu laterit agar lebih murah atau ekonomis.

Dengan mencampurkan batu split Palu dan batu laterit pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC). Selain ekonomis maka batu laterit tersebut akan mempunyai nilai tambah. Jadi setelah diolah (gradasi disesuaikan) harga batu laterit akan meningkat tetapi masih dibawah harga batu split Palu.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menggunakan batu laterit dari desa Mulawarman Kecamatan Tenggarong Seberang sebagai campuran dalam *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC). Sehingg dapat mengurangi penggunaan batu split Palu.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis merumuskan suatu permasalahan, diantaranya:

a. Bagaimana pengaruh penggunaan batu laterit dari Kecamatan Tenggarong Seberang terhadap sifat-sifat Marshall pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC)?
b. Berapa kadar aspal optimum (KAO) dari variasi komposisi tersebut sehingga didapatkan campuran yang memenuhi standar spesifikasi teknis untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC)?

Selain itu penelitian ini bertujuan yaitu:

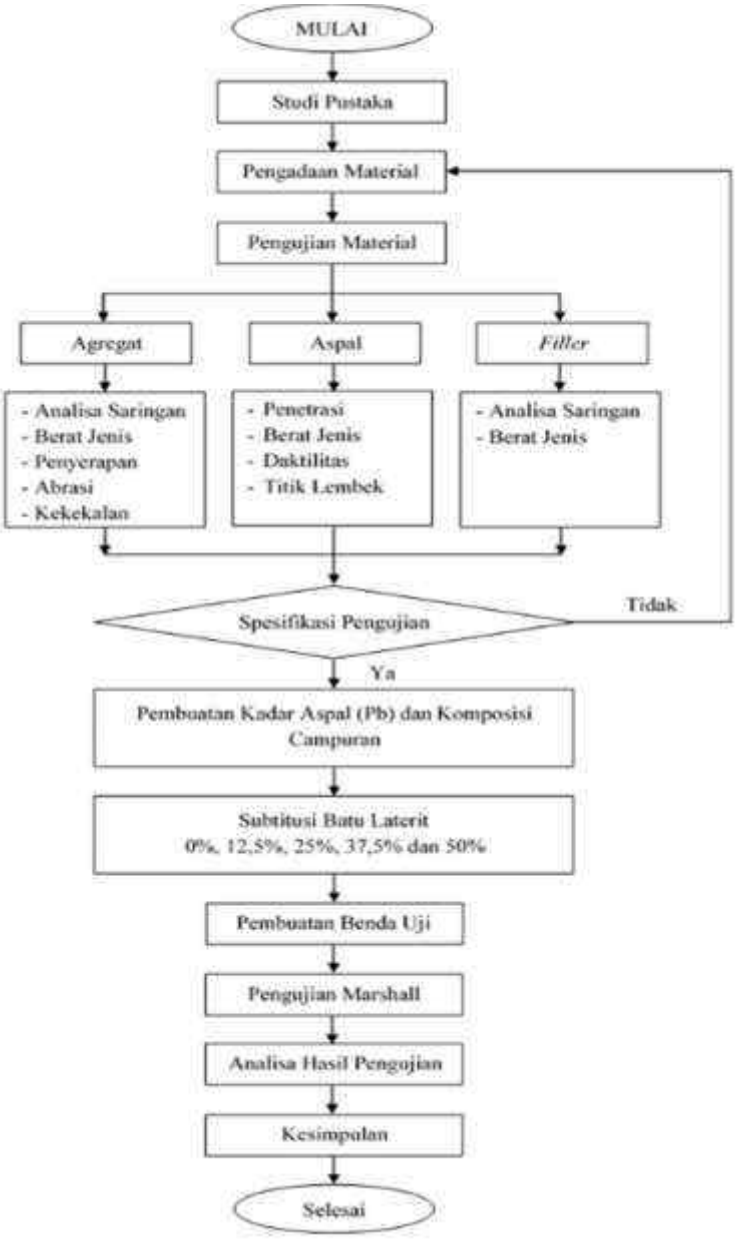
a. Mengetahui sifat-sifat uji Marshall dari campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dengan menggunakan campuran batu Palu dengan batu laterit yang berasal dari desa Mulawarman Kecamatan Tenggarong Seberang.
b. Mengetahui besarnya kadar aspal optimum (KAO) dari campuran batu Palu dengan batu laterit dari desa Mulawarman Kecamatan Tenggarong Seberang terhadap campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan direncanakan aspal beton *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dengan menggunakan batu laterit sebagai pengganti agregat kasar pada kadar 0%, 12.5%, 25%, 37.5% dan 50% serta

[1] Korespondensi penulis: Ashadi Putrawirawan, 081339675696, ashadi.asri@yahoo.co.id

kadar aspal yang direncanakan 4%, 4.5%, 5%, 5.5% dan 6%, yang menjadi acuan standarnya yaitu Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal (Bina Marga 2018). Penelitian in dilakukan di Laboratorium Bahan Politeknik Negeri Samarinda. Dengan bagan alir penelitian seperti Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Material berupa agregat kasar, agregat halus, batu laterit, filler dan aspal yang telah disiapkan dilakukan pengujian meliputi: berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, keausan agregat dan kekekalan agregat. Sedangkan pengujian aspal meliputi: daktilitas, titik lembek, berat jenis, dan penetrasi.
b. Setelah didapatkan komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi campuran yang akan dibuat dan kadar aspal rencana, kita dapat membuat benda uji. Dalam penelitian ini akan dibuat 75 benda uji denga 5 variasi kadar aspal rencana yaitu: %, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% dan 5 variasi kadar batu laterit 0%, 12.5%, 25%, 37.5%, 50%. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji. Didalam pencampuran benda uji dilakukan pemanasan terhadap agregat dengan suhu ±160˚C, sedangkan kadar aspal dengan suhu ± 152˚C. Campuran yang telah siap dimasukkan kedalam mold. Selanjutnya dipadatkan dengan alat hammer sebanyak 2x75 tumbukan. Suhu pemadatan yaitu ±147˚C. Kemudian diamkan beberapa saat, setelah dingin benda uji dikeluarkan dari mold.

c. Pengujian Marshall bertujuan untuk mendapatkan stabilitas dan kelelehan (*flow*). Analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk dilakukan dengan cara menimbang benda uji. Setelah proses pembuatan benda uji, maka benda uji didiamkan ± 24 jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat kering udara. Benda uji tersebut kemudian direndam untuk mencari berat dalam air dan berat SSD. Pengujian marshall dilakukan dengan alat marshal, setelah benda uji terlebih dahulu direndam dalam air bersuhu 60 °C. Dari hasil pengujian Marshall akan didapatkan nilai karakteristik marshall meliputi: stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* (MQ), Rongga Antara Mineral Agregat (VMA), Rongga Udara dalam campuran (VIM) dan Rongga Terisi aspal (VFA).
d. Data nilai sifat-sifat marshall yang didapatkan kemudian dianalisa dengan kurva regresi untuk mendapatkan suatu kurva yang sesuai. Kemudian dibuat barchat untuk mendapatkan kadar aspal optimum untuk masing-masing kombinasi. Berdasarkan kadar aspal optimum, akan didapatkan nilai sifat-sifat marshall. Dari kelima kombinasi agregat yang menggunakan batu laterit sebagai agregat kasar kemudian biduat histogram, untuk dapat disimpulkan berapa persen penggunaan batu laterit yang memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang sifat-sifat campuran lapisan aspal beton (AC-BC) yang dpat dilihat pada Tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium pengujian aspal didapatkan nilai berat jenis, penetrasi, titik lembek dan daktilitas memenuhi persyaratan aspal pen 60/70.

Hasil pengujiansifat fisik agregat kasar, agregat halus dan filler memnuhi persyaratan dan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Agregat Kasar (Batu ¾”)		
Berat Jenis	Min. 2,5	2,72
Penyerapan (%)	Maks. 3%	0,49
Abrasi (%)	Maks. 40%	20,63
Agregat Kasar (Batu 3/8”)		
Berat Jenis	Min. 2,5	2,64
Penyerapan (%)	Maks. 3%	0,77
Abrasi (%)	Maks. 40%	23,54
Agregat Halus (Abu Batu)		
Berat Jenis	Min. 2,5	2,65
Penyerapan (%)	Maks. 3%	1,01
Agregat Halus (Abu Batu)		
Berat Jenis	Min. 2,5	2,55
Penyerapan (%)	Maks. 3%	1,83
Filler		
Berat Jenis	Min. 1	3,018
Lolos Ayakan (%)	≥ 75%	87,80

Hasil pengujian sifat fisik batu laterit dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

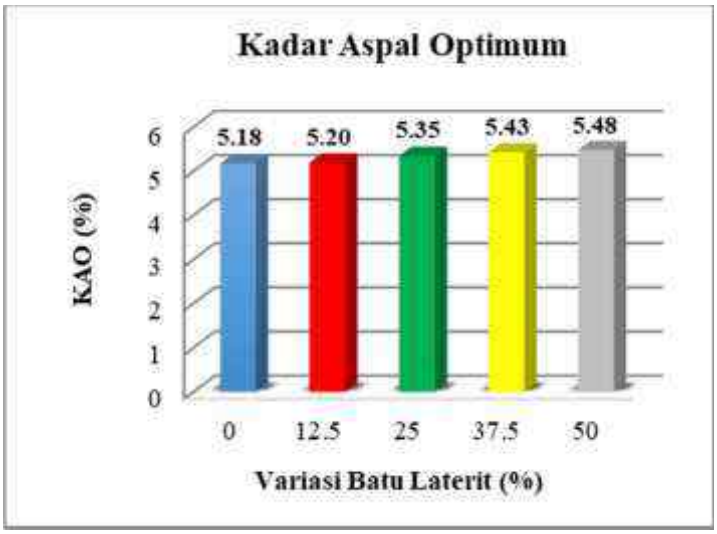
Tabel 3. Hasil Pengujian Batu Laterit

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Berat Jenis	Min. 2,5	2,54
Penyerapan (%)	Maks. 3%	1,93
Abrasi (%) - Metode B - Metode C	Maks. 40%	29,63 38,69
Kekekalan (%)	Maks. 12%	1,7%

Berdasarkan hasil pengujian keausan (abrasi) batu laterit (Tabel 3) didapatkan 29,63%, sedangkan batu Palu 20,63%. Hal ini menunjukan bahwa batu laterit lebih lemah dibandingkan batu Palu tetapi keausn batu laterit masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Teknis.

Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum masing-masing proporsi penggunaan batu laterit sebagai subtitusi batu palu. Dari hasil pengujian Marshall ini diperoleh kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi yaitu 5,18% untuk 0% batu laterit; 5.20% untuk 12.5% batu laterit; 5.35% untuk 25% batu laterit; 5.43% untuk 37.5% batu laterit; 5.48% untuk 50% batu laterit.



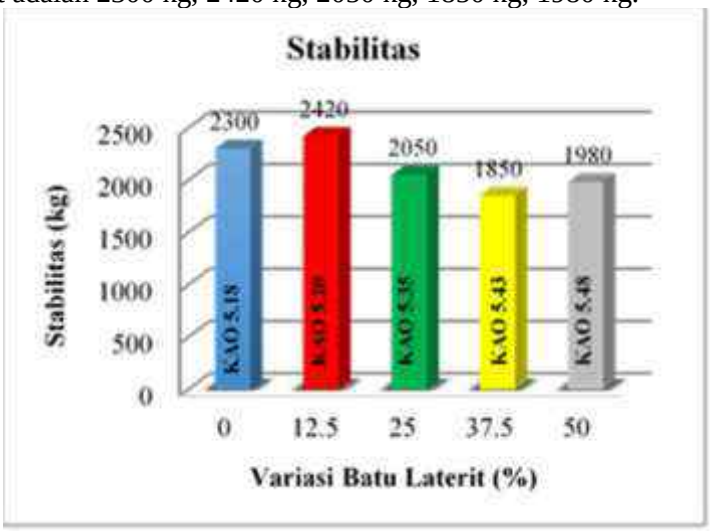
Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal Optimum dengan variasi penggunaan batu laterit

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa pengaruh penggunaan batu laterit sebagai subtitusi agregat kasar dalam campuran akan meningkatkan nilai Kadar Aspal Optimum pada campuran aspal AC-BC. Dilihat dari nilai KAO yang terus menunjukkan kenaikan nilai KAO. Hal ini berarti penggunaan batu laterit sangat mempengaruhi nilai KAO, semakin banyak penggunaan batu laterit sebagai subtitusi agregat kasar maka nilai kadar aspal optimumnya juga akan semakin tinggi.

Stabilitas

Stabilitas campuran mengidentifikasi kemampuan lapis perkerasan jalan untuk menerima beban tanpa terjadi deformasi sesuai dengan tingkat beban lalu lintas yang direncanakan. Stabilitas yang rendah akan memudahkan terjadinya lendutan, sebaliknya stabilitas terlalu tinggi dapat berakibat campuran menjadi kaku dan menyebabkan campuran menjadi relatif lebih cepat retak. Stabilitas terjadi karena geseran antar butir, penguncian antar agregat dan daya ikat dari aspal.

Nilai stabilitas rata-rata campuran AC-BC pada campuran dengan kadar batu laterit 0%, 12.5%, 25%, 37.5%, 50% berturut-turut adalah 2300 kg, 2420 kg, 2050 kg, 1850 kg, 1980 kg.



Gambar 3. hubungan Stabilitas dengan variasi penggunaan batu laterit

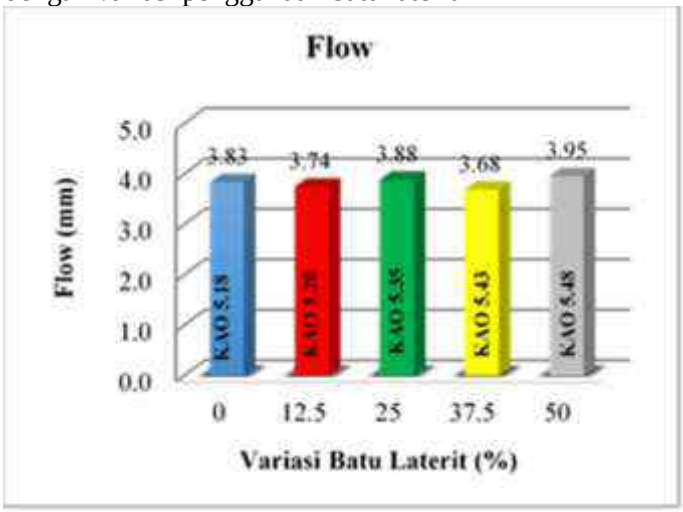
Pada Gambar 3, menunjukan bahwa nilai stabilitas mengalami penurunan dan kenaikan dari kondisi normal. Nilai stabilitas terendah diperoleh pada kadar 37.5% batu laterit yaitu sebesar 1850 kg dan nilai tertinggi diperoleh pada kadar 12.5% batu laterit yaitu sebesar 2420 kg. Namun setelah itu nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar 25% hingga 50%. Menurunnya stabilitas disebabkan oleh penambahan kadar batu laterit pada campuran yang mengakibatkan kurangnya interlocking antar agregat dengan batu laterit sehingga menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat yang dapat mengakibatkan nilai stabilitas turun.

Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) menunjukan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah dapat mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan nilai *flow* yang tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami deformasi seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

Nilai flow rata-rata campuran AC-BC pada campuran dengan kadar batu laterit 0%, 12.5%, 25%, 37.5%, 50% berturut-turut adalah 3.83 mm, 3.74 mm. 3.88 mm, 3.68 mm, 3.95 mm.

Gambar 4. hubungan *Flow* dengan variasi penggunaan batu laterit



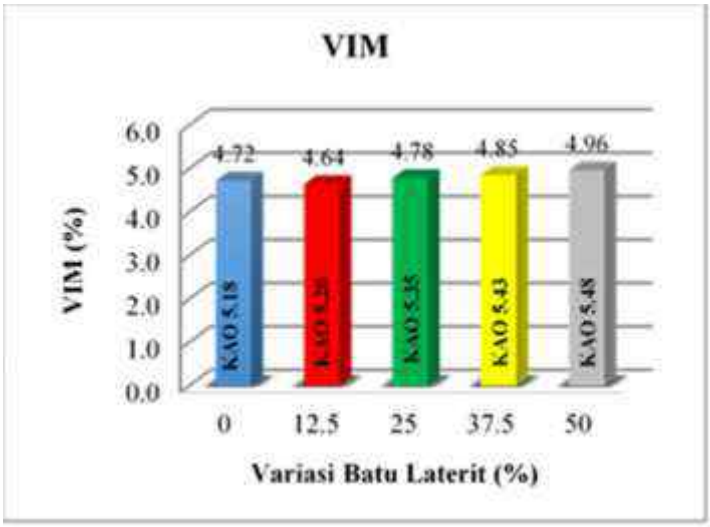
Gambar 4. Hubungan *Flow* dengan variasi penggunaan batu laterit

Pada Gambar 4, menunjukan bahwa nilai *flow* mengalami penurunan dan kenaikan dari kondisi normal. Nilai *flow* tertinggi diperoleh pada kadar 50% batu laterit yaitu sebesar 3.95 mm, tetapi semua kadar batu laterit masih memenuhi syarat Spesifikasi Umum 2018 yaitu minimum 2.0 mm. Meningkatnya nilai *flow* rata-rata dapat disebabkan oleh semakin banyaknya kadar aspal yang diperlukan sehingga menjadikan sifat campuran bersifat plastis dan mudah berubah bentuk pada saat dibebani.

Campuran yang memiliki nilai *flow* terlalu tinggi dapat menyebabkan butiran agregat akan semakin mudah bergeser dari kedudukannya, hal tersebut menunjukan bahwa sifat mengunci antar agregat rendah sehingga agregat mudah bergeser sewaktu dibebani lalu lintas. Akan tetapi jika dilakukan penambahan jumlah pemadatan akan mengubah campuran aspal semakin rapat hingga deformasi vertikal mengecil.

Rongga dalam campuran (VIM)

Rongga dalam campuran (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara dapat mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran dan menyebabkan campuran bersifat porous. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu tinggi, maka viskositas aspal akan menurun sesuai sifat termoplastisnya.

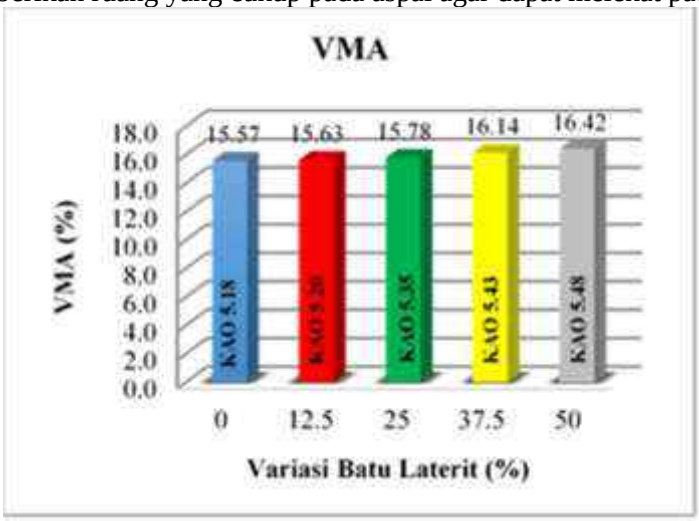


Gambar 5. hubungan VIM dengan variasi penggunaan batu laterit

Gambar 5, menunjukkan bahwa nilai VIM mengalami peningkatan dari kadar 0% batu laterit. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya kadar batu laterit menyebabkan aspal tidak optimum mengisi rongga pada agregat karena memiliki rongga yang lebih besar dan semakin sedikit kadar aspal yang terisi membuat campuran menjadi kurang rapat karena agregat yang saling *interconnected* dan pecah karena proses pemadatan yang kurang sempurna. Dari gambar diatas, nilai VIM pada semua variasi kadar batu laterit masih memenuhi persyaratan minimal 3% dan maksimal 5%.

Rongga Antar Butiran Agregat (VMA)

Rongga antar butiran agregat (VMA) merupakan rongga udara yang ada diantara partikel campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran. Nilai VMA yang diharapkan dalam campuran beraspal yaitu seminimum mungkin, dengan tujuan untuk memberikan ruang yang cukup pada aspal agar dapat melekat pada agregat.

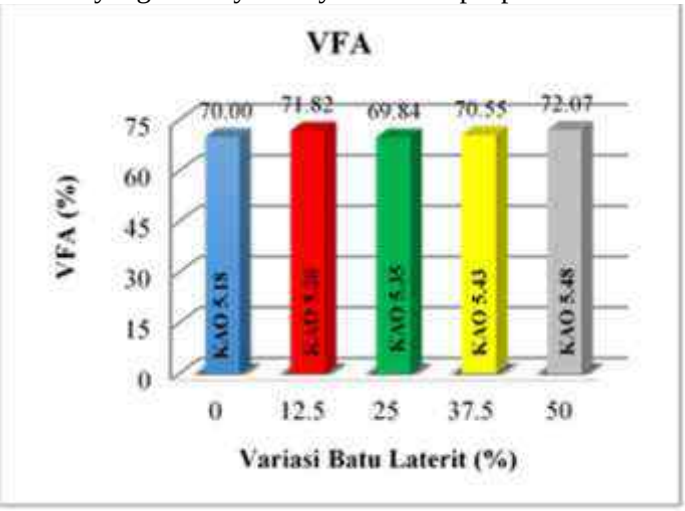


Gambar 6. hubungan VMA dengan variasi penggunaan batu laterit

Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa pencampuran batu laterit sebagai subtitusi pada agregat kasar menyebabkan nilai VMA mengalami kenaikan dari kondisi normal. Meningkatnya nilai VMA disebabkan bertambahnya kadar batu laterit sehingga aspal yang menyelimuti agregat dan batu laterit membentuk selimut yang tipis, akibatnya rongga antar agregat semakin besar. Hasil VMA tersebut masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk campuran AC yaitu minimal 14%. Nilai VMA yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa rongga udara antar mineral agregat lebih besar, kondisi ini akan menyebabkan perkerasan jalan tidak tahan lama.

Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) merupakan presentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Nilai VFA yang semakin tinggi berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan bleeding. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

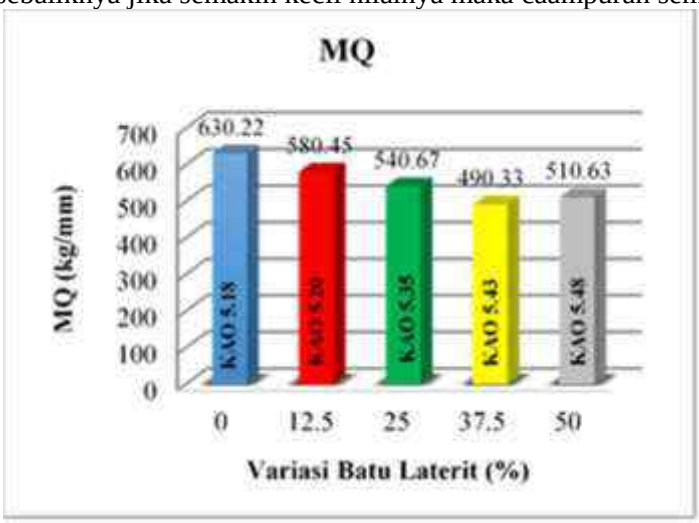


Gambar 7. hubungan VFA dengan variasi penggunaan batu laterit

Pada Gambar 7 menunjukan bahwa nilai VFA mengalami penurunan dan kenaikan dari kondisi normal yaitu 70%. Nilai pada kadar 12.5%, 25%, 37.5%, 50% batu laterit berurut yaitu sebesar 71.82%, 69.84%, 70.55%, 72.07%. Nilai VFA pada masing-masing kadar batu laterit masih memenuhi syarat spesifikasi umum 2018 yaitu sebesar minimal 65%. Nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan bleeding.

***Marshall Quotient* (MQ)**

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* maka campuran yang dihasilkan semakin kaku, sebaliknya jika semakin kecil nilainya maka caampuran semakin lentur.



Gambar 8. Hubungan MQ dengan variasi penggunaan batu laterit

Pada Gambar 8, menunjukkan bahwa penggunaan batu laterit mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami kenaikan dan penurunan. Nilai *Marshall Quotient* tertinggi pada kadar 0% batu laterit yaitu sebesar 630.22 kg/mm. Sedangkan pada kadar 12.5%, 25%, 37.5% dan 50% mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan penurunan stabilitas yang seiring dengan meningkatnya nilai *flow* pada campuran. Penurunan nilai *Marshall Quotient* menunjukkan campuran cenderung menjadi lembek dan tidak getas bila campuran aspal

mengalami peningkatan jumlah pemadatan. Semua nilai *Marshall Quotient* masih memenuhi persyaratan spesifikasi umum 2018 yaitu minimal 250 kg/mm.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap campuran *Asphlat Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan batu laterit sebagai pengganti agregat kasar, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan sifat-sifat uji Marshall dari campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dengan menggunakan campuran batu palu dengan batu laterit, yaitu:
   a. Nilai stabilitas mangalami kenaikan dan penurunan, nilai kenaikan tertinggi pada campuran kadar 12.5% batu laterit sebesar 2420 kg dan nilai terendah pada campuran kadar 37.5% batu laterit sebesar 1850 kg. Semua nilai stabilitas masih memenuhi batas yaitu minimal 800 kg.
   b. Nilai kelelehan (*flow*) mengalami kenaikan dan penurunan, nilai kenaikan tertinggi pada campuran kadar 50% batu laterit yaitu sebesar 3.95 mm mendekati batas maksimal flow yaitu sebesar 4 mm dan nilai terendah pada campuran kadar 37.5% batu laterit yaitu sebesar 3.68 mm.
   c. Nilai rongga dalam campuran (VIM) mengalami kenaikan dan penurunan nilai terendah pada campuran kadar 12.5% batu laterit yaitu sebesar 4.64% dan terus mengalami kenaikan sampai dengan campuran kadar 50% batu laterit yaitu sebesar 4.96% yang mendekati batas maksimal VIM yaitu 5%.
   d. Nilai rongga antar agregat (VMA) mengalami kenaikan dari campuran kadar 0% batu laterit yaitu sebesar 15.57% sampai campuran kadar 50% batu laterit yaitu sebesar 16.42%.
   e. Nilai rongga terisi aspal (VFA) mengalami penurunan dan kenaikan, nilai terendah pada campuran kadar 25% batu laterit sebesar 69.84% dan nilai tertinggi pada campuran 50% batu laterit yaitu sebesar 72.07%.
   f. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) yang diperoleh mengalami penurunan dari campuran kadar 0% batu laterit yaitu 630.22 kg/mm sampai dengan campuran kadar 37.5% batu laterit yaitu 490.33 kg/mm.
2. Berdasarkan hasil pengujian campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) menggunakan batu Palu dengan batu laterit sebagai subtitusi agregat kasar diperoleh hasil kadar batu laterit optimum pada penambahan batu laterit 50% dengan nilai KAO sebesar 5.48% dan nilai sifat-sifat uji Marshall yaitu stabilitas = 1980 kg, flow = 3.95 mm, VIM = 4.96%, VMA = 16.42%, VFA = 72.07%, dan MQ = 510 kg/mm. Semua nilai telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisai Nasional, RSNI M 01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat Marshall.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 1969-2016, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 2417-2016, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 2417-2008, 2008, *Metode Pengujian Abrasi dengan Mesin Los Angeles*.

Badan Standarisai Nasional, SNI 2432-2011, *Metode Uji Daktilitas Aspal.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 2434-2011, *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (ring and ball).*

Badan Standarisai Nasional, SNI 2441-2011, *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Keras.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 2456-2011, *Metode Uji Penetrasi Aspal.*

Badan Standarisai Nasional, SNI 3407:2008, 2008, *Metode Pengujian Sifat Kekekalan Agregat dengan Cara Perendaman menggunakan Larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat.*

Badan Standarisai Nasional, SNI ASTM C117:2012, *Metode Uji untuk Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus.*

Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6 Campuran Beraspal Panas*.

Hendarsin, S, L, 2000, *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung – Jurusan Teknik Sipil, Bandung.

Palondongan, I., 2018, *Alternatif Penambahan Batu Laterit Sebagai Bahan Pembanding pada Agregat Kasar Untuk Perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC),* Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

Puslitbang Prasarana Transportasi, 2004. *Kinerja dan spesifikasi Campuran Beraspal Panas*. Bandung

KARAKTERISTIK BETON DENGAN AGREGAT HALUS *SLAG* NIKEL SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA ZONA II DAN III

Nur Aisyah Jalali[1)], Agus Salim[2)]
[1),2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This study aims to determine the characteristics of concrete using fine aggregate zones II and III and compare the results. The benefits of this research are expected to reduce the amount of waste that can pollute the environment and reduce the use of natural materials.

Cylinder specimens 10 cm high 20 cm for compressive and tensile strength testing. Beams (10x10x40 cm) for flexural strength, and cylinders 15 cm tall for 30 cm high for modulus of elasticity, and volume weight in all test variations. Fine nickel slag content used is 60% of the volume of sand, with changes in the fine aggregate zones in zones II and III. Concrete characteristics tested when the concrete is 28 days old.

The results show that concrete using sand and fine nickel slag in zone II is better than III. So it can be approved as using sand in making concrete.

Keywords: *fine aggregate, nickel slag, zone II, zone III, concrete characteristic*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang industri yang maju pesat tak lepas dari dampak yang merugikan, diantaranya adalah limbah. Hal ini mendapat perhatian serius dari pemerintah maupun badan lingkungan hidup nasional dan internasional agar industri-industri tersebut tetap memperhatikan aspek lingkungn yang bersih dan berdaya guna. Telah banyak penelitian yang dilakukan dengan memanfaatkan limbah-limbah industri untuk digunakan sebagai campuran beton, salah satunya adalah *slag*. *Slag* merupakan limbah buangan dari industri pengolahan nikel, diantaranya adalah PT. Aneka Tambang (ANTAM). Selama ini limbah *slag* nikel dimanfaatkan sebagai bahan timbunan reklamasi pantai, akan tetapi hal ini menjadi penyebab musnahnya ekosistem pantai. Oleh karena itu *slag* harus ditangani dengan benar agar tidak berdampak buruk terhadap lingkungan [1]. *Slag* nikel tidak dikategorikan sebagai limbah B3 [2], sehingga *slag* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk dimanfaatkan sebagai agregat kasar maupun agregat halus di dalam campuran beton. Dari uraian tersebut diatas perlu kiranya dilakukan penelitian tentang penggunaan limbah *slag* sebagai bahan campuran beton, khususnya yang berukuran seperti pasir (agregat halus).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik-belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton yang menggunakan agregat halus (pasir dan *slag* nikel) zona II dan III, serta membandingkan hasil pengujian dari kedua zona tersebut.

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai salah satu cara mengurangi limbah industri maupun limbah lingkungan, mengatasi masalah pembuangan limbah pada wilayah pertambangan dan industri nikel, mengurangi pencemaran lingkungan akibat timbunan limbah *slag* nikel yang tidak tertangani dengan baik, serta menurunkan ketergantungan penggunaan material alam baik agregat halus maupun agregat kasar.

Telah dilakukan beberapa penelitian yang memanfaatkan *slag* nikel sebagai bahan bangunan, salah satunya penelitian tentang penggunaan terak nikel baik sebagai agregat kasar maupun agregat halus [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagai agregat kasar, terak nikel meningkatkan nilai kuat tekan (42,27%), sebagai agregat halus, terak nikel mengakibatkan nilai kuat tarik-belah tertinggi (24,58%), dan terak nikel sebagai gabungan agregat kasar dan halus memberikan nilai kuat tekan tertinggi yakni 10,31%. Penelitian lainnya yakni kuat tekan mortar yang menggunakan *slag* nikel sebagai agregat halus (pengganti pasir) [4]. Variasi benda uji dibedakan atas variasi pasir 100% : slag 0% (MP), pasir 50% : *slag* 50% (MPS), pasir 0% : *slag* 100 (MS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar meningkat seiring dengan pertambahan umur. Peningkatan kuat tekan mortar dari MP ke MPS lebih besar dibanding dari MPS (pasir ke MS. Mortar yang menggunakan *slag* nikel (zona I) memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar yang menggunakan pasir (zona IV). Jadi semakin banyak jumlah *slag* nikel yang ditambahkan pada mortar maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan. [5] meneliti tentang penggunaan *slag* nikel

[1] Korespondensi penulis: Nur Aisyah Jalali, Telp 085656978401, nuraisyahjalali@gmail.com

(halus) sebagai pengganti sebagian pasir dalam pembuatan beton, dimana variasi campuran terdiri atas beton tanpa kadar *slag* dan beton dengan kadar *slag* 20, 40, 60 dan 80% berdasarkan volume pasir. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *slag* nikel, maka semakin besar pula kuat tekannya. Hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan ketidakaturan, dimana terjadi kenaikan lalu menurun, lalu meningkat lagi, dan akhirnya menurun pada kadar 80%. Nilai optimum kuat tekan rata-rata pada kadar *slag* 40% (40,01 MPa), sedangkan kuat lentur rata-rata pada kadar *slag* 60% (9,01 MPa).

Hasil penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa adanya kadar *slag* di dalam campuran mortar, dan beton memberikan pengaruh positif. Dari hasil penelitian [5] direncanakan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan kadar *slag* sebesar 60% dari volume agregat halus pada dua zona yang berbeda, yakni zona II (agak kasar) dan III (agak halus). Alasan penggunaan zona ini karena pasir dari daerah Sulawesi Selatan umumnya berada pada kedua zona tersebut. Diharapkan agar penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat yang ingin memanfaatkan *slag* nikel (halus) sebagai campuran beton.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland (PCC) produksi PT.Semen Tonasa, agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa batu pecah bersumber dari Bili-bili Kabupaten Gowa, air dari PDAM, dan *slag* nikel dari PT. ANTAM, Pomalaa Sulawesi Tenggara.

Adapun peralatan yang digunakan meliputi peralatan untuk mempersiapkan slag nikel agar sesuai dengan batasan agregat halus, peralatan untuk pengujian karakteristik agregat (pasir, *slag* nikel, dan batu pecah), peralatan untuk pembuatan dan perawatan benda uji (beton), serta peralatan untuk pengujian beton.

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder kecil (diameter 10 cm dan tinggi 20 cm) untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik-belah, cetakan berbentuk balok (10 x 10 x 40 cm) untuk pengujian kuat lentur, serta cetakan berbentuk silinder besar (diameter 15 cm tinggi 30 cm) untuk pengujian modulus elastisitas. Pada semua variasi dan bentuk benda uji dilakukan pula pengujian berat volume beton.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Persiapan bahan dan peralatan
   Persiapkan semua bahan dan peralatan yang akan digunakan, termasuk *slag* nikel. *Slag* nikel yang telah terkumpul diayak dengan saringan untuk agregat halus dengan besar butir maksimum 4,75 mm.
b. Pengujian karakteristik material
   Pengujian meliputi berat volume, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, kadar organik, kadar air, analisa saringan serta modulus kehalusan pada pasir dan *slag* nikel. Pengujian karakteristik agregat mengacu pada SNI pengujian agregat [6]. Pemeriksaan untuk semen portland hanya dilakukan secara visual meliputi kemasan dan butiran semen, sedangkan pemeriksaan air meliputi bau dan warna. Hasil pengujian karakteristik agregat ditunjukkan pada Tabel 1.
c. Perancangan campuran adukan beton (*mix design*) dan perhitungan bahan
   Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton normal didasarkan pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal [7]. Hasil perhitungan kebutuhan bahan (semen, batu pecah, pasir, dan air) dalam satuan berat (kg) dikonversi ke dalam satuan volume (liter) menggunakan Persamaan (1). Volume *slag* nikel dan bahan-bahan lainnya dikonversi kembali dalam satuan berat (kg) yang akan digunakan pada saat menakar/menimbang bahan-bahan campuran beton menggunakan Persamaan (2).
   Volume pasir = berat pasir / berat volume pasir (1)
   Berat *slag* = (% kadar *slag* x volume pasir) x berat volume *slag* (2)
   Kebutuhan bahan untuk seluruh bahan pencampur beton ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.
d. Pembuatan benda uji, dan perawatan
   Pembuatan benda uji disesuaikan dengan bentuk dan jumlah benda uji untuk setiap variasi beserta jenis pengujiannya. Perawatan benda uji di laboratorium dilakukan selama 28 hari.
e. Pengujian beton pada umur 28 hari
   Pengujian beton pada umur 28 hari atau setelah beton mengeras, meliputi pengujian berat volume, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas menggunakan referensi [7] dan [8].
f. Analisis hasil pengujian
   Hasil pengujian berat berat volume, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton dihitung lalu hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian dianalisis (menurut [7] dan [8]).
g. Kesimpulan

Hasil analisis disimpulkan dan diberikan saran-saran atau solusi atas penelitian yang telah dilaksanakan. Apabila terdapat kekurangan agar diberikan alternatif pemecahan masalah, dan jika terdapat kelebihan maka hal ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya serta untuk pengembangan material bangunan pada masa yang akan datang.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian karakteristik agregat

No	Agregat	Jenis pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
1	Pasir zona II	Berat volume	1,44	kg/l	1,5-1,8	lbh rendah
		Berat jenis SSD	2,45	-	2,5-2,7	lbh rendah
		Kadar lumpur	1,87	%	maks 5%	memenuhi
		Kadar organik	no. 2	-	≤ no. 2	memenuhi
		Modulus kehalusan	2,53	-	1,5-3,8	memenuhi
		Analisa saringan	zona II	-	-	-
2	Pasir zona III	Berat volume	1,55	kg/l	1,5-1,8	memenuhi
		Berat jenis SSD	2,46	-	2,5-2,7	memenuhi
		Kadar lumpur	2,79	%	maks 5%	memenuhi
		Kadar organik	no. 2	-	≤ no. 2	memenuhi
		Modulus kehalusan	2,46	-	1,5-3,8	memenuhi
		Analisa saringan	zona III	-	-	-
3	*Slag* nikel zona II dan III	Berat volume	1,72	kg/l	1,5-1,8	memenuhi
		Berat jenis SSD	2,98	-	2,5-2,7	lbh tinggi
		Kadar lumpur	0,26	%	maks 5%	memenuhi
		Kadar organik	no. 1	-	≤ no. 2	memenuhi
		Modulus kehalusan	2,98	-	1,5-3,8	memenuhi
		Analisa saringan	zona II	-	-	-
		Modulus kehalusan	2,53	-	1,5-3,8	memenuhi
		Analisa saringan	zona III	-	-	-
4	Batu pecah	Berat volume	1,42	kg/l	1,5-1,8	lbh rendah
		Berat jenis SSD	2,58	-	2,5-2,7	memenuhi
		Kadar lumpur	3,85	%	maks 1%	memenuhi
		Modulus kehalusan	6,73	-	6,0-7,1	memenuhi
		Analisa saringan	-	-	-	-

Tabel 2. Kebutuhan bahan campuran beton untuk zona pasir II (dalam keadaan SSD)

Kode sampel	Bentuk benda uji	Volume (m^3)	Berat bahan (kg)					Berat total (kg)
			Semen	Pasir	*Slag*	Batu pecah	Air	
BS.II-T	Silinder ∅10	0,00157	5,11	2,65	2,75	12,29	2,15	24,95
BS.II-B	Silinder ∅10	0,00157	5,11	2,65	2,75	12,29	2,15	24,95
BS.II-L	Balok	0,0040	13,03	6,74	12,07	31,31	5,47	68,62
BS.II-E	Silinder ∅15	0,0053	11,51	5,96	10,66	27,66	4,83	60,62

Tabel 3. Kebutuhan bahan campuran beton untuk zona pasir III (dalam keadaan SSD)

Kode sampel	Bentuk benda uji	Volume (m^3)	Berat bahan (kg)					Berat total (kg)
			Semen	Pasir	*Slag*	Batu pecah	Air	
BS.III-T	Silinder ∅10	0,00157	5,11	2,28	3,78	13,27	2,15	26,59
BS.III-B	Silinder ∅10	0,00157	5,11	2,28	3,78	13,27	2,15	26,59
BS.III-L	Balok	0,0040	13,03	5,80	9,67	33,82	5,47	67,79
BS.III-E	Silinder ∅15	0,0053	11,51	5,12	8,53	29,88	4,83	59,87

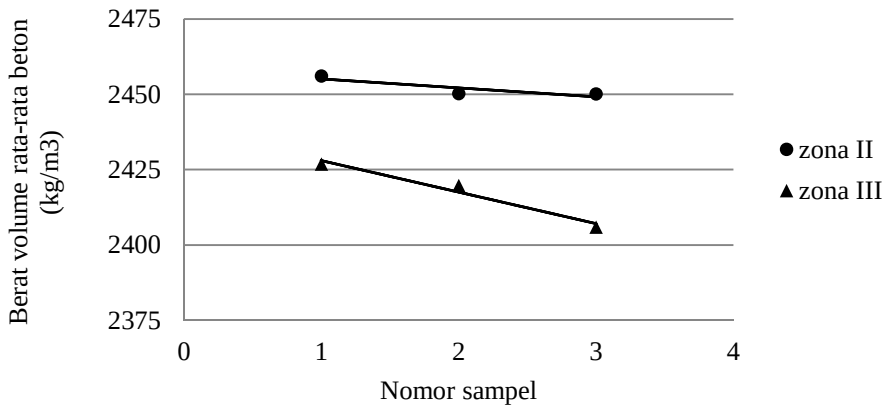
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian beton pada umur 28 hari adalah sebagai berikut:

a. Berat volume beton

Hasil pengujian berat volume beton ditunjukkan pada Gambar 2. Apabila dibandingkan, maka berat volume beton dengan pasir dan *slag* nikel pada zona II lebih tinggi daripada zona III. Hal ini terjadi

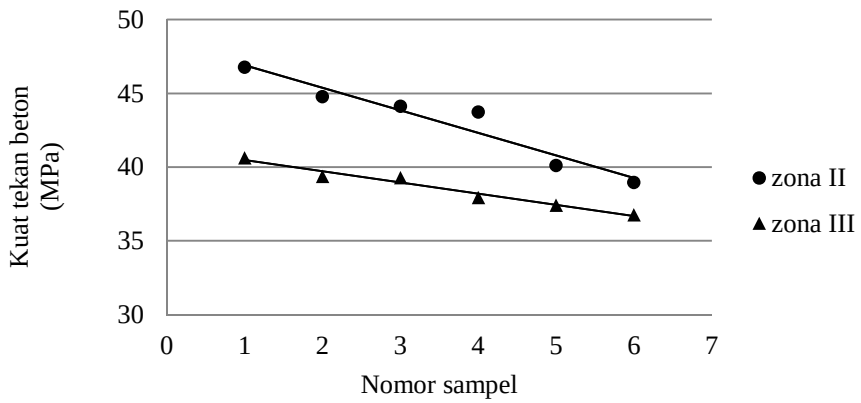
diduga karena modulus kehalusan pasir dan *slag* nikel pada zona II (2,53 dan 2,98) lebih tinggi daripada zona III (2,46 dan 2,53), yang berakibat pada tingginya kepadatan beton.



Gambar 2. Perbandingan berat volume beton

b. Kuat tekan beton

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton. Kuat tekan tertinggi pada agregat halus zona II dan III sebesar 2456,06 dan 2426,88 MPa. Pada gambar terlihat bahwa kuat tekan beton dengan pasir dan *slag* nikel pada zona II lebih tinggi daripada zona pasir III. Kemungkinan karena berat volume beton pada pasir zona II lebih tinggi (adukannya lebih padat) sehingga berpengaruh pada kekuatan tekannya.



Gambar 3. Perbandingan kuat tekan beton

c. Kuat tarik belah beton

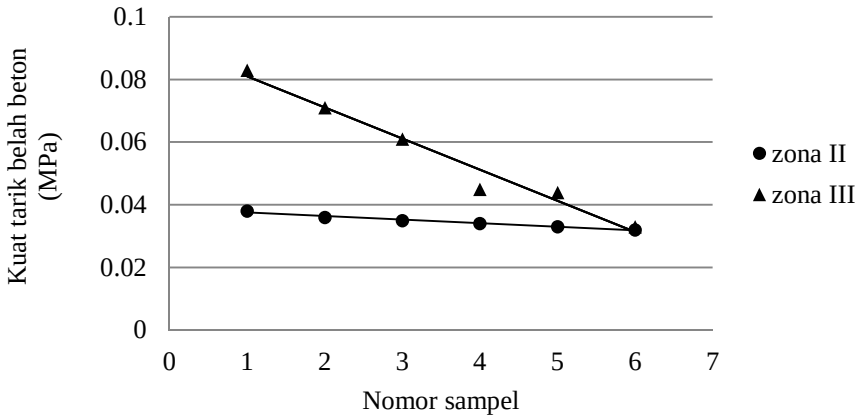
Hasil pengujian kuat tarik belah beton ditunjukkan pada Gambar 4. Apabila dibandingkan antara beton dengan pasir dan *slag* nikel pada zona II dan III, maka beton dengan zona pasir III memiliki nilai kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona II.

d. Kuat lentur beton

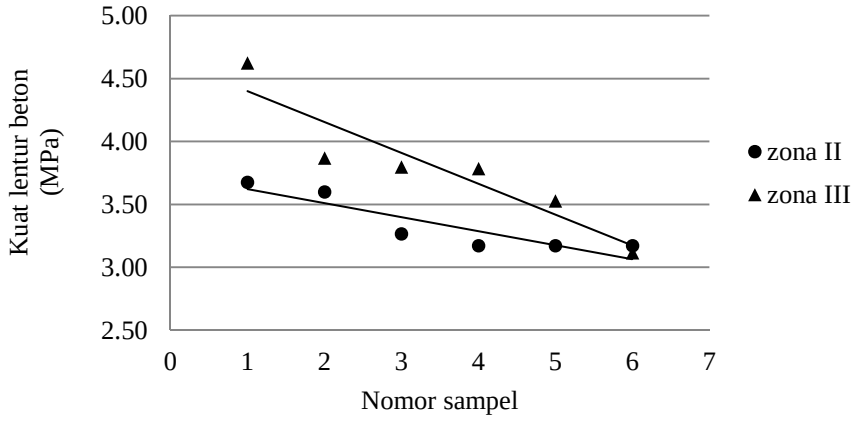
Hasil pengujian kuat lentur beton untuk zona pasir II dan II ditunjukkan pada Gambar 5. Perbandingan kuat lentur beton untuk pasir dan *slag* nikel pada zona II dan III menunjukkan bahwa kuat lentur zona II lebih rendah dari zona III, artinya zona III jauh lebih tinggi dalam menahan kekuatan lentur beton.

e. Modulus elastisitas beton

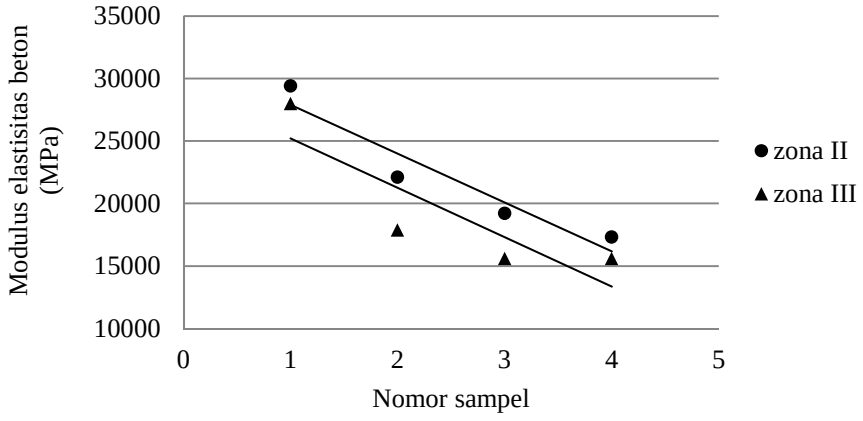
Gambar 6 adalah hasil pengujian modulus elastisitas beton dengan pasir dan *slag* nikel pada zona II dan III. Dari perbandingan pada kedua zona agregat halus, terlihat bahwa modulus elastisitas beton dengan pasir dan slag pada zona II lebih tinggi daripada zona III. Hal ini sejalan dengan pengujian kuat tekan beton yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Perbandingan kuat tarik belah beton



Gambar 5. Perbandingan kuat lentur beton



Gambar 6. Perbandingan modulus elastisitas beton

4. KESIMPULAN

Dari penelitian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa beton yang menggunakan pasir dan *slag* nikel pada zona II memiliki berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada zona III, tetapi kuat tarik belah dan kuat lenturnya lebih rendah daripada zona III. Ini artinya beton yang menggunakan pasir dan *slag* nikel pada zona II lebih baik daripada zona III, sehingga dapat direkomendasikan sebagai pengganti pasir pada pembuatan beton.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] PT. ANTAM, "Penanganan Limbah PT. Antam", Tersedia: http://www.antam.com/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=38, [Online]. [Diakses: 26 September 2016).

[2] Kementerian Lingkungan Hidup Surat Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No.B-6152/Dep.IV/LH/08/2010.

[3] W. Mustika dkk, " Penggunaaan Terak Nikel sebagai Agregat dalam Campuran Beton", Jurnal Spektran Vol. 4 No. 2 Juli 2016.

[4] M. Rifaldi dan S. Peke, Uji Tekan Mortar dengan Menggunakan Slag Nikel sebagai Pengganti Agregat Halus,. Laporan Tugas Akhir, Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2016.

[5] N.A. Jalali, dan A. Salim, "Agregat Halus Slag Nikel sebagai Pengganti Sebagian Pasir pada Pembuatan Beton", Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian UPPM PNU, pp. 142-147, November 10-11, 2018.

[6] Anonim, Metoda Tata Cara dan Spesifikasi Bagian 2: Batuan, Sedimen, Agregat. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003.

[7] Anonim, Metoda Tata Cara dan Spesifikasi Bagian 13: Kayu, Bahan Lain, Lain-lain. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003.

[8] E. G. Nawy, Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar. Diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmono dari Reinforced Concrete, A Fundamental Approach. Bandung: PT. Eresco, 1991.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas biaya yang dikeluarkan untuk penelitian ini.

PENGARUIH BAHAN TAMBAH VISCOCRETE-10 TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK

Martha Manganta[1]
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang*

ABSTRACT

C quality block paving in its manufakture using vibration or vibratory pressing machines where as quality B an C paving blocks in its manufakture must use a type of hydrolic pressmachine where the machine is very expensive compared to vibration machine pres in this study the machine used is vibrationwid added ViscoCrete-10 whach is a chemical addition vith 0,2%,0,3%, 0,4%, 0,5% and 0,6%. The result of the studywhich added by ViscoCrete-10 with 0,3% -0,6%. Compared the weight of cement content it is increasingly is quality from C quality because B quality and ViscoCrete-10 absorption 0,4%-0,6% dosage is fulfilling the requirement of B quality.This the use of ViscoCrete-10 as additive vitth 0,4% , 0,5% and 0,6% dosage can increase the quality of paving blocks from quality C to B by using a Vibration or Vibration machine.

Keywords : *Paving Blokc, ViscoCrete-10 Press Vibration machine Quality*

1. LATAR BELAKANG

Pada saat ini *paving block* banyak digunakan masyarakat dalam pekerjaan konstruksi, khususnya untuk perkerasan jalan di kompleks perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah,pengerasan areal parkir, areal perkantoran, pabrik, taman, dan lainnya. *Paving block* (SK-SNI T-4-1990-F) dapat diklasifikasikan sebagai beton pracetak tanpa tulangan yang merupakan salah satu bahan lapis perkerasan jalan.*Paving block* banyak digunakan karena dapat menahan beban dalam batasan tertentu dan mudah dalam pekerjaan pemasangan. Dibandingkan dengan aspal, pemakaian *paving block* lebih murah dan biaya perawatan lebih hemat, pemasangannya lebih mudah tanpa keahlian khusus dan tidak memerlukan alat berat serta dapat meresapkan air hujan ke dalam tanah melalui celah paving block.

Viscocrete-10 merupakan sejenis bahan tambah kimia yang dapat ditambahkan ke dalam campuran paving block untuk mengubah sifat-sifat dan mutu *paving block* agar menjadi lebih baik.Viscocrete sebagai superplasticizer yang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda, melalui penyerapan permukaan dan efek sterical memisahkan butiran semen akan diperoleh sifat-sifat antara lain pengurangan air dalam jumlah besar, menghasilkan kepadatan tinggi, beton mutu tinggi dan mengurangi permeabilitas, mengurangi retak dan susut.

Pada pelataran peti kemas pelabuhan dan pelataran parkir mobil, *paving block* yang digunakan adalah mutu B dan A sedangkan untuk mendapatkan mutu B (K 300) harus menggunakan mesin press *paving block* tipe mesin press hidrolik, dimana alat tersebut memiliki harga yang sangat mahal jika dibandingkan dengan harga press mesin vibrasi atau getar. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat press paving block mesin vibrasi/getar yang hanya dapat memproduksi *paving block* hingga mutu K-250. Diharapkan pada penambahan *Viscocrete-10* dapat menghasilkan *paving block* mutu K-300 dengan alat press mesin vibrasi/getar, sehingga *paving block* yang dihasilkan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan paving blok yang dibuat dengan menggunakan mesin press hidrolik

Dari penjelasan diatas, maka dalam penelitian ini akan dikembangkan mengenaipengaruh penggunaan *Viscocrete-10* sebagai bahan tambah pada campuran *paving block* karena bahan tambah ini sering digunakan pada proyek pekerjaan konstruksi beton dan bisa dibeli di toko bahan kimia. Pada penelitian ini akan dilakukan penambahan*Viscocrete-10* dengan variasi penambahan 0,2%, 0,3%, 0,4% , 0,5% dan 0,6% pada *paving block.*

2. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitaian dalam pembuatan paving block :

a. Mengambil material agregat halus (abu batu) di PT Cikal Desa Lonjoboko Kab Gowa.

[1] Korespondensi penulis: Martha Manganta, Telp. 082189006366, marthatonapa@yahoo.co.id

b. Pengujian karakteristik abu batu meliputi analisa saringan, kadar air, kadar organik,, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar lumpur
c. Menentukan zone abu batu tersebut, jika zone 1 maka dilanjutkan dengan membuat paving block dengan perbandingan 1 : 3 dan 1 : 4 tanpa bahan tambah visco crete 10 masing-masing 16 buah dengan menggunakan mesin pres vibrasi. Selanjutnya dilakukan perawatan dengan direndam hingga mencapai 26 hari dan ditekan pada umur 28 hari, dengan menggunakan alat uji tekan
d. Menghitung kuat tekan rata-rata, jika kuat tekan rata – rata dioperoleh antara 12,5 MPa – 15,0 MPa atau mutu C, maka perbandingan tersebut menjadi pedoman untuk pembuatan benda uji yang ditambahkan visco crete 10 dengan dosis 0,2%, 0,3% dan 0,4% , 0,5% dan 0,6%terhadap berat semen
e. Pembuatan benda uji dengan penambahan visco crete 10 dengan dosis 0,2%, 0,3%, dan, 0,4%, 0,5%, dan 0,6% masing masing 16 buah dengan menggunakan mesin pres vibrasi , 13 buah untuk uji tekan dan 3 buah untuk uji penyerapan, setelah benda uji dicetak selanjutnya di diamkan selama 24 jam, setelah itu dilakukan perawatan sampai umur 26 hari, lalu ditekan pada umur 28 hari
f. Menekan benda uj paving block masing masing variasi penambahan ViscoCrete -10 0,2%, 0,3% ; 0,4% ; 0,5% ; 0,6%., mnghitung kuat tekan rata- rata
g. Menguji daya serap paving block, dari setiap variasi ViscoCrete -10, masing masing 3 buah
h. Tahapan akhir menyimpulkan pengaruh penambahan visco crete 10 terhadap paving block mutu C (K 250) dengan menggunakan mesin pres vibrasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aggregat Halu (Abu Batu)

Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di laboratorium diperoleh hasil pemeriksaan pengujian Karateristik abu batu seperti yang ditunjukkan pada table :

Tabel 5 Rekapitulasi Pengujian

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Pedoman	Satuan	Keterangan
Modulus kehalusan	4.338	Maks. 3,8	SNI 03-1750-1990	%	Kasar
Kadar lumpur	4,90%	Maks. 5%	SNI 03-1750-1990	%	Memenuhi
Berat jenis dan penyerapan :					
Berat jenis (bulk)	2.45	Maks .3,2	SNI-1970-2008	%	Memenuhi
Berat jenis Jenuh	2.55	Maks. 2,7	SNI-1970-2008	%	Memenuhi
Berat jenis semu	2.73	Maks. 2,7	SNI-1970-2008	%	Memenuhi
Penyerapan	1.85	Maks. 3,1	SNI-1970-2008	%	Memenuhi

Pada hasil pengujian modulus kehalusan diperoleh hasil yang melebihi batas zona 1 (kasar) pada agregat halus dikarenakan abu batu yang digunakan memiliki campuran batu pecah 0,5-1 yg cukup banyak.

Pada hasil pengujian kadar lumpur diperoleh hasil yang melebihi spesifikasi karena abu batu tersebut bersumber dari sungai yang mengandung kadar lumpur yang tinggi, sehingga perlu untuk dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

Tabel 6 Berat Jenis Semen

Sampel	Berat PC (Gram)	V1 (ml)	V2 (ml)	D	BJ
1	64	0.57	21.3	1	3.09
2	64.04	0.9	22.5	1	2.96
BJ Rata-rata					3.03

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan maka diperoleh berat jenis Portland Composite Cement (PCC) rata-rata sebanyak 3,03. sesuai dengan persyaratan SK SNI 15-2531-1991 yaitu berada pada nilai antara 3 – 3,2.

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block tanpa Bahan Tambah Viscocrete -10

Berdasarkan pengujian kuat tekan paving block dengan perbandingan 1:3 dan 1:4 tanpa penambahan viscocrete – 10 di laboratorium diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 7 Hasil Kuat Tekan Rata – Rata Paving Block 1:4 dan 1: 3

Perbandingan (semen : air)	1 : 4	1:03
Kuat tekan rata rata (MPa)	10,343	13,603
Mutu paving block	D	C
Syarat mutu paving block	8,5 - 10 MPa	12,5 - 15,0 MPa

Dari hasil kuat tekan rata-rata paving block umur 28 hari dengan perbandingan 1:4, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata yaitu 10,343 Mpa dan termasuk dalam mutu D, dan perbandingan 1:3, diperoleh kuat tekan 13,603 MPa termasuk dalam mutu C, . Dengan demikian pada penelitian ini perbandingan 1:3 yang dilanjutkan dengan penembahan ViscoCrete – 10.

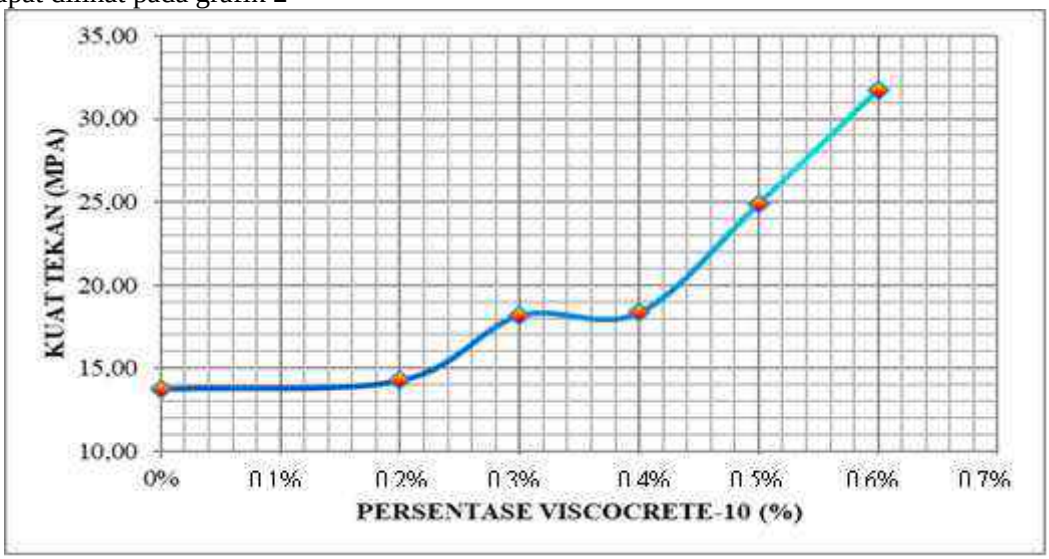
3.3 Hasil Kuat Tekan Paving Block dengan penambahan *ViscoCrete-10*

Berdasarkan pengujian kuat tekan *paving block* dengan perbandingan 1:3 dengan penambahan *ViscoCrete-10* sebesar 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5% dan 0,6% di laboratorium diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada table :

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block normal (1:3) dan dengan Bahan Tambah *ViscoCrete-10*

Variasi	Normal	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%	0,60%
Kuat Tekan rata-rata (MPa)	13,603	13,999	17,82	17,99	24,392	31,103
Mutu Paving Block	C	C	B	B	B	B

Dari hasil uji tekan pada tabel 8 diatas diperoleh mutu B dengan variasi 0,3%, 0,4%, 0,5% dan 0,6% Hal ini menunjukkan dengan penambahan ViscoCrete-10 pada campuran paving block dengan menggunakan mesin pres type vibrasi dapat meningkatkan mutu paving block dari mutu C menjadi mutu B. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 2



Gambar 7 Kuat Tekan Paving Block terhadap ViscoCrete -10

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan *ViscoCrete-10* kedalam campuran *paving block* maka semakin meningkat pula kuat tekan rata-rata yang dihasilkan.

Dengan demikian, penggunaan mesin press vibrasi (getar) pada pembuatan *paving block* yang hanya bisa menghasilkan *paving block* mutu C, dengan penambahan *ViscoCrete-10* mulai dari 0,25% - 0,6% dapat meningkatkan mutu *paving block* dari mutu C menjadi mutu B, di mana *paving block* mutu B hanya dapat dihasilkan dengan mesin press hidrolik.

3.4 Perbandingan Daya Serap

Berikut ini adalah hasil perbandingan rata- rata daya serap *paving block* normal dengan *paving block* dengan bahan tambah *ViscoCrete-10* variasi 0,2%, 0,3%, 0,4%.,5% dan 0,6%

Tabel 10 Perbandingan Daya Serap

Rata-rata Daya Serap Paving Block Dengan ViscoCrete-10						
No.	0%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%	0.60%
Berat Basah (A)	3569.750	3572.247	3557.347	3606.970	3499.317	3687.640
Berat Kering (B)	3308.513	3329.687	3329.687	3432.393	3357.140	3556.267
Penyerapan (%)	7.8959	7.2957	6.8373	5.0861	4.2351	3.6941

Semakin besar penambahan *ViscoCrete – 10* kedalam campuran paving block nilai penyeratpan semakin kecil, hal ini menunjukkan bahwa paving block yang dihasilkan semakin padat. Syarat penyerapan untuk paving block mutu B maksimal 6%, dengan demikian penambahan 0,4%, 0,5% dan 0,6% yang memenuhi mutu

3.5 Rekapitulasi Hasil Uji Tekan, Penyerapan dan Berat

Berikut ini dalah hasil uji tekan, penyerapan dan berat pada *paving block* pada table 4.9 :

Tabel 4.9 Hasil Uji Tekan, Penyerapan dan berat rata-rata pada *paving block*

Variasi	Kuat Tekan (Mpa)		Penyerapan (%)		Mutu
	Hasil	Syarat	Hasil	Syarat	
Normal	13.603	12.5-15	7.9	8	C
0,2 %	13.999	12.5-15	7.3	8	C
0,3 %	17.82	17 - 25	6.8	6	C
0,4 %	17.985	17 - 25	5.1	6	B
0,5 %	[illegible]	17 - 25	4.2	6	B
0,6 %		17 - 25	3.7	6	B

Dari hasil kuat tekan dan penyerapan diatas dapat disimpulkan bahwa yang memenuhi persyaratan paving block mutu B pada penambahan ViscoCrete – 10, dari 0,4%, - 0,6%, dengan demikian penambahan ViscoCrete – 10 pada campuran paving block dapat meningkatkan mutu paving block dari mutu C menjadi mutu B dengan menggunakan mesin pres getar atau vibrasi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah kami lakukan, perbandingan *paving block* normal terhadap benda uji *paving block* dengan penambahan ViscoCrete-10 sebagai bahan tambah, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Semakin tinggi kadar *ViscoCrete-10* yang ditambahkan pada campuran paving block, maka daya penyerapannya akan semakin kecil, sebaliknya nilai kuat tekan semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar ViscoCrete-10 kedalam campuran paving block, hal ini menunjukkan bahwa *ViscoCrete-10* membuat pori-pori pada *paving bloc* menjadi lebih sedikit atau semakin kecil sehingga kuat tekan semakin meningkat
2. Penambahan ViscoCrete-10 dapat meningkatkan mutu paving block dari Mutu C menjadi mutu B, dengan dosis 0,4% – 0,6% dengan menggunakan mesin press type vibrasi atau getar, dengan demikian diperoleh paving block yang ekonomis.

5. DAFTAR PUSTAKA

British Standard BS 6717: Part 1: 1986 Precast Concrete Paving Blocks Part 1 Specification for Paving Blocks. 1986. Core. (online), (https://core.ac.uk/download/pdf/11732714.pdf), diakses 3 februari 2019.

DPMB Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia. 1982. Academia.edu. (online), (http://www.academia.edu/8377766), Diakses 3 februari 2019.

Et al, Wang. 2000. Aspek –aspekBahan Semen. Civil Engineering PCC Materials, Taiwan..

Ginting, Arusmalem. 2015. Pengaruh Rasio Agregat Semen dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekandan Porositas Paving Block. LaporanHasil Penelitian. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UniversitasJanabadra.

Haris HA, A. dkk. 2017. Pengaruh Penggunaan Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Paving BlockM utu K-350.Laporan Hasil Penelitian. Surabaya: Program Studi Teknik Sipil InstitutT eknologi Adhi Tama Surabaya.

Herman. 2013. Analisa Faktor Umur Paving Block. Laporan Hasil Penelitian. Pekanbaru: Fakultas Teknik Universitas Riau.

Muller, Claudia dkk. 2006. Modul Pelatihan Pembuatan Ubin atau Paving Block Dan Batako. International Labour Office. Jakarta.

SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block). 1997. Scribd. (online), (https://id.scribd.com/doc/309526109/SNI-03-0691-1996-Pavingblock), diakses 3 februari 2019.

SNI 03-1750-1990 MetodePembuatandanPerawatan Benda UjiBeton di Lapangan. 1991. Scribd. (online), (https://id.scribd.com/document/255630731/Agregat-03-1750-1990), diakses 3 februari 2019.

SNI 15-2049-2004 Semen Portland. 2005. Scribd. (online), (https://id.scribd.com/doc/90141219/SNI-15-2049-2004), diakses 3 februari 2019.

Tjokrodimuljo, K. 1996. Teknologi Beton. Laporan Hasil Penelitian. Yogyakarta: Keluarga MahasiswaTeknik Sipil Universitas Gadjah Mada.

STUDI PENGGUNAAN BATU GUNUNG PUTIH SEBAGAI BAHAN LAPIS ASPAL BETON

Andi Erdiansa[1)], Ir. Muh. Taufan, MT. [2)] .
Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Makassar

ABSTRACT

One source of material that can be used for road material is white sedimentary rocks which are scattered in the Enrekang, Tanah Toraja and surrounding areas. PT. Nindya Karya has processed the material into broken stones of 2/3, ½, 0.5 / 1 while the stone ash for the time being is used for a mixture of road foundation layer. In this study, the author tries to examine the material as a mixture of concrete asphalt layer. This research tries to make an AC-WC mix design using white sedimentary rocks. The method used in this research is SNI testing standards for the characteristics of coarse aggregates, fine aggregates and asphalt. While testing for the performance characteristics of the AC-WC mixture uses the Marshall Test method. The results showed the characteristics of coarse aggregate of broken stone size (2/3, ½, 0.5 / 1) fulfilled the 2018 Bina Marga specifications, while for fine aggregate (rock ash), Bulk density and apparent density were <2.375 in where the value does not meet the specifications.The proportion of the AC-WC mixture uses ½ (8%) split-size white stone, 0.5 / 1 split (57%), and 5% filler addition. The optimum asphalt content does not meet the characteristics of the AC-WC mixture because the VIM and VMA values are low. This is due to the low value of bulk density of the stone ash which is 2.25.

Kata Kunci: Batu gunung putih, Laston, Agergat kasar, Agregat halus, Karakteristik Campuran AC-WC

.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Laston (Lapis Aspal Beton) adalah produk hasil pencampuran antara agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras pada suhu tertentu kemudian dihampar dan digilas pada suhu tertentu pula. Ciri khas dari campuran aspal AC-WC adalah penggunaan agregat bergradasi menerus.

Aspal beton adalah produk hasil pencampuran antara agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras pada suhu tertentu kemudian dihampar dan digilas pada suhu tertentu pula. Persentase dari komposisi bahan pembentuknya harus dihitung sehingga campuran yang diperoleh memenuhi syarat-syarat kinerja sebagai bahan perkerasan, yaitu bernilai struktural tertentu, durabilitas, keawetan, dan ekonomis.

Salah satu sumber material yang bisa dimanfaatkan untuk material jalan adalah batu gunung putih yang tersebar di daerah Enrekang, Tanah Toraja dan sekitarnya. Perusahaan PT. Nindya Karya telah mengolah bahan tersebut menjadi ukuran batu pecah ukuran 2/3, ½, 0,5/1 dan abu batu dan untuk sementara dimanfaatkan untuk campuran lapis pondasi jalan. Penulis mencoba meneliti material tersebut sebagai bahan campuran Lapis Aspal Beton. Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :
Apakah batu gunung putih memenuhi syarat teknis bahan sebagai campuran AC-WC dan bagaimanakah karakteristik campuran AC-WC yang menggunakan batu gunung putih.
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah material batu gunung putih memenuhi syarat teknis sebagai camp. bahan AC-WC dan studi karakteristik campuran AC-WC yang menggunakan batu gunung putih.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret sampai dengan bulan September 2019 di Laboratorium Jalan dan Aspal Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.
Bahan yang digunakan terdiri dari, Aspal100 kg , Batu Pecah (1-2) 1,0 m^3, Batu Pecah (0,5 – 1) 1,0 m^3 ‘ Batu Pecah (2 – 3) 1,0 m^3, Abu Batu 1,0 m^3 .
Kebutuhan Alat yang digunakan teridir dari saringan 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, no.4, 10, 16, 30, 40, 50, 80, 100 dan 200, 1set uji karakteristik aspal, 1 set alat uji karakteristik agregat kasar, 1 set alat uji karakteristik agregat halus, 1 set Alat tekan Marshall, flow

[1] Korespondensi penulis: Andi Erdiansa, Telp.081342943622, erdiansaandi@yahoo.co.id

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Perlakuan akan diberikan pada komposisi agregat kasar maupun agregat halus dengan variasi kadar untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Dengan demikian variabel penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Variabel tetap : Komposisi Agregat kasar, agregat halus, filler
- Variabel tak bebas : Persentase kadar aspal
- Variabel bebas : Karakateristik campuran berupa VIM, VMA, VFB, Kepadatan, Stabilitas, Flow, dan Marshall Qoutient.

Prosedur Percobaan

Pengumpulan data-data dan studi pustaka mengenai hasil penelitian batu gunung putih, survey lokasi pengambilan material aggregat dan persiapan peralatan.

Pengambilan/Pengujian sampel agregat kasar, agregat halus, aspal:

Sampel agregat kasar (batu pecah) dan abu batu diambil dari stone chruser di Perusahaan PT. Nindya Karya di Desa Matua Enrekang, dilanjutkan . Pengujian Karakteristik Agregat Kasar, Agregat Halus, dan karakteristik aspal.

Rancangan Campuran AC - WC dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

a) Perhitungan proporsi masing-masing agregat dan abu batu (digunakan program aplikasi ecxell untuk mempercepat perhitungan) untuk mendapatkan gradasi campuran yang memenuhi syarat. Perhitungan kadar aspal perkiraan dengan menggunakan rumus 1) dan bulatkan mendekati 0,5 % misalnya diperoleh 6,34 % dibulatkan menjadi 6,5%.
b) Pembuatan briket aspal dengan kadar aspal sesuai dengan hasil perhitungan dan dengan dua kadar aspal dibawah yang divariasikan dengan selisih 0,5 % dan dengan dua kadar aspal diatas yang divariasikan 0,5 %. (untuk contoh diatas maka kadar aspal yang dipilih adalah 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, 7,0 %, dan 7,5 %).
c) Ukur tebal briket kemudian timbang kering, timbang kondisi SSD, dan timbang didalam air untuk menentukan kepadatan, VMA, VIM, VFB.
d) Tekan briket pada alat tekan Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas dan flow.
e) Buat grafik antara kadar aspal dengan masing-masing VMA, VIM, VFB, Kepadatan, Stabilitas, Flow, dan Rasio L.200 dengan Kadar Aspal Efektif.
f) Buat campuran dengan kadar aspal optimum, dan uji karakteristiknya setelah perendaman 24 jam.

Analisis Hasil

Analisis karakteristik campuran (VMA, VIM, VFB, Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, dan Kepadatan) akibat variasi kadar aspal. Analisis ini untuk menentukan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan sebagai campuran AC-WC

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik dilakukan terhadap material yang akan digunakan dalam campuran AC-WC. Di mana setiap pengujian harus sesuai dengan metode yang telah ditentukan.

Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar untuk rancangan campuran Laston Lapis Pondasi terbagi atas setiap ukuran, yakni batu pecah 2-3; batu pecah 1-2; batu pecah 0,5-1. Berikut hasil pemeriksaan beserta spesifikasi yang digunakan pada masing-masing ukuran agregat:

Tabel 4.1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (**Batu Pecah 2-3**)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel)	-	%
Abrasi sin los angeles	SNI 2417-2008	24,79	Maks. 40	%
Berat Jenis Penyerarapa				
1. Bulk	SNI 1969:2008	2,58	Maks. 3	
2. SSD		2,60		

3. Apparent		2,63		
4. Penyerapan		0,66		

Sumber : Analisis hasil pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar (Batu Pecah 2-3) di atas telah memenuhi syarat spesifikasi dan dapat digunakan.

Tabel 4.2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (**Batu Pecah 1-2**)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel)	-	
Abrasi	SNI 2417-2008	24.79	Maks. 40	%
Pipih dan Lonjong	ASTM D4791	8,17	Maks. 10	%
Angularitas	PTM No. 621	99/99	95/90	
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	1,59	Maks. 2	
Berat Jenis Penyerapan :				
1. Bulk		2,61		
2. SSD	SNI 1969:2008	2,63	Maks. 3	%
3. Apparent		2,66		
4. Penyerapan		0,80		

Sumber : Analisis hasil pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar (Batu Pecah 1- 2) di atas memenuhi syarat spesifikasi dan dapat digunakan.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar (**Batu Pecah 0,5-1**)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel)	-	%
Angularitas	PTM No. 621	99/99	95/90	
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	1,59	Maks. 2	
Berat Jenis Penyerapan :				
1. Bulk		2,52		
2. SSD		2,56	Maks. 3	
3. Apparent	SNI 1969:2008	2.62		
4. Penyerapan		1,49		

Sumber : Analisis hasil pengujian

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat kasar di atas, menunjukkan bahwa (batu pecah 0,5-1) memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Agregat Halus (Abu Batu)

Hasil pengujian karakteristik agregat halus (abu batu) untuk rancangan campuran Laston Lapis Pondasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus (Abu Batu)

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	SNI 03-4142-1996	(Tabel)	-	
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	7,87	Maks. 8	%
Berat Jenis dan Penyerapan:				
1. Bulk	SNI 1969:2008	2,25	Maks. 3	

2. SSD		2,30		
3. Apparent		2,38		
4. Penyerapan		2.381		
Sifat Kekekalan Bentuk Agregat terhadap Larutan Na_2SO_4	SNI 03-3407-1994	10,78	Maks. 12	%
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	91,36	Min. 60	%

Sumber : Analisis hasil pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik agregat halus (abu batu) di atas berat jenis rendah dan penyerapan tinggi tidak memenuhi syarat sebagai agegat haluscampuran laston khusus AC-WC.

Bahan Pengikat (Aspal)

Hasil pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 untuk rancangan campuran AC-Base adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5. Rekapitulasi hasil pengujian bahan pengikat aspal

Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Penetrasi 25^0 C	SNI 06-2456-1991	65.9	60-70	Mm
Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	0,06	Maks. 0.8	Gram
Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,03	Min. 1	
Kelarutan	AASHTO T44-03	99,54	Min. 99	gram/liter
Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	49,0	Min. 46	ºC

Sumber : Analisis hasil pengujian

Dari hasil pengujian karakteristik bahan pengikat Aspal diatas dinyatakan bahwa aspal memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Hasil Rancangan AC-WC

Penentuan Proporsi Agregat Gabungan

Proporsi agregat gabungan dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Trial and Error)* dengan prinsip kerja memahami batasan gradasi yang disyaratkan, memasukkan data spesifikasi yang disyaratkan, memasukkan variasi persentase dari masing-masing fraksi agregat yang menghasilkan jumlah 100% yang nilainya terdapat dalam batasan gradasi dan diusahakan nilai gabungannya mendekati nilai ideal.

Dengan metode tersebut diperoleh proporsi agregat untuk campuran Laston AC-WC yaitu menentukan terlebih dahulu persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Nilai persentase agregat gabungan AC-WC yang memenuhi spesifikasi adalah :

- Agregat kasar (Batu pecah 2-3) = 0,0 %
- Agregat kasar (Batu pecah 1-2) = 8,0 %
- Agregat kasar (Batu pecah 0.5-1) = 30,0 %
- Agregat halus (Abu batu) = 57,0 %
- Filler = 5,0 %

Sesuai dengan proporsi di atas dilakukan penggabungan agregat yang dapat dilihat pada tabel di bawahnya. Berdasarkan tabel persentase agregat gabungan di atas maka agregat dinyatakan memenuhi syarat dan spesifikasi untuk campuran Laston AC-WC.

Kadar Aspal Rencana

Untuk mendapatkan kadar aspal rencana campuran AC-WC menggunakan rumus sebagai berikut:

Pb = 0.035(%CA) + 0.045(%FA) + 0.18(%FF) + Konstanta

Pb = (0.035 x 40.66) + (0.045 x 53.79) + (0.18 x 5.50) + 1.5

= 6.84 di bulatkan 7

Sehingga digunakan kadar aspal rencana yang didapatkan yaitu 6.0%, 6.5%, 7.0%, 7.5% dan 8.0%, Selanjutnya dari kadar aspal tersebut dibuat masing-masing tiga buah benda uji untuk kadar aspal berbeda di mana berat total agregat untuk satu buah benda uji adalah 1200 gram.

Hasil Uji *Marshall*

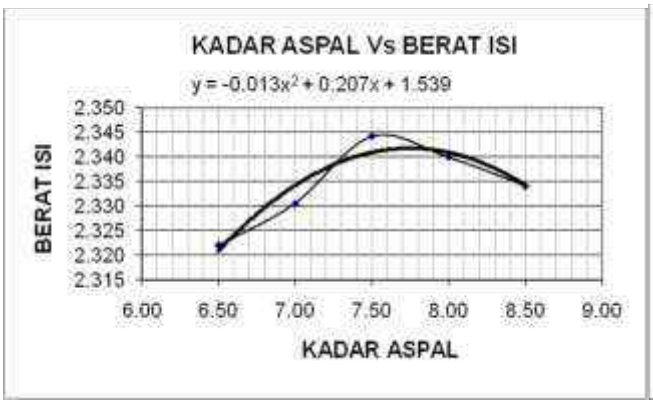
Hasil pengujian *Marshall* adalah sifat campuran beraspal dan dapat diperoleh setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, dan perkiraan kadar aspal rencana telah terpenuhi. Diperlukan juga angka koreksi dan kalibrasi pada alat uji tekan *Marshall*. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.7. Pengujian Marshall pada *bricket* campuran AC-WC

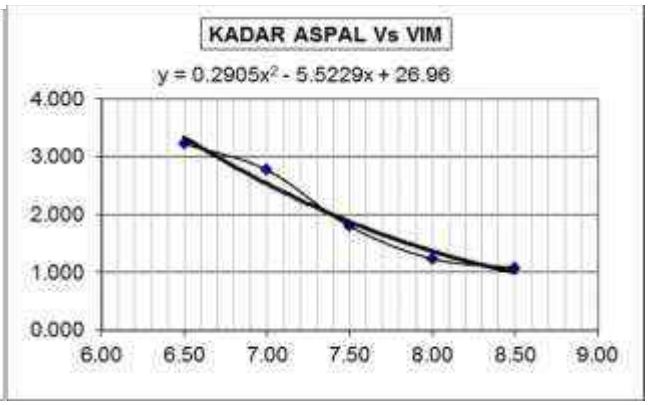
KADAR ASPAL	BERAT ISI	VIM	VMA	VFB	STABILITAS	FLOW	RASIO L.200 DG KADAR ASPAL EFEKTIF	KET
6.50	2.322	3.229	13.627	76.308	1369.40	3.30	0.98	
7.00	2.331	2.773	14.084	80.318	1730.73	3.70	1.07	
7.50	2.344	1.798	14.079	87.232	2320.96	4.15	1.16	
8.00	2.340	1.237	14.432	91.438	1965.20	4.85	1.25	
8.50	2.334	1.083	15.127	92.844	1308.22	5.30	1.34	
	SPECIPICATION	3 % - 5 %	Min.15	Min.65	Min. 800	2 - 4	0,6-1,2	

Sumber : Analisis hasil pengujian

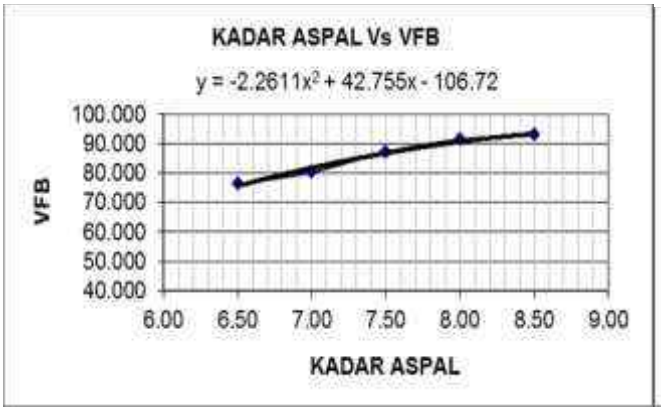
Setelah mendapatkan hasil pengujian *Marshall* hasilnya digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter-parameter yang telah dihitung.



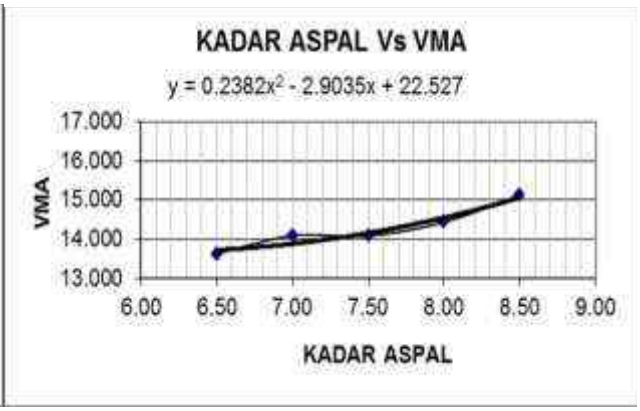
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara kadar aspal dan berat isi



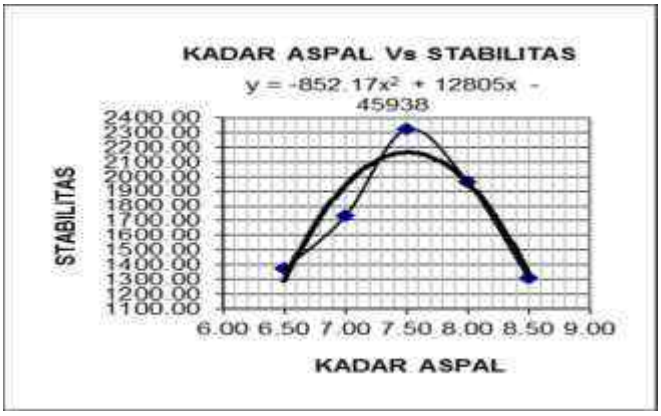
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM



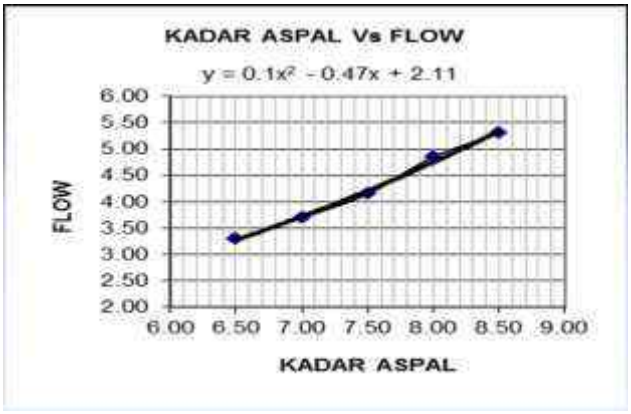
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA



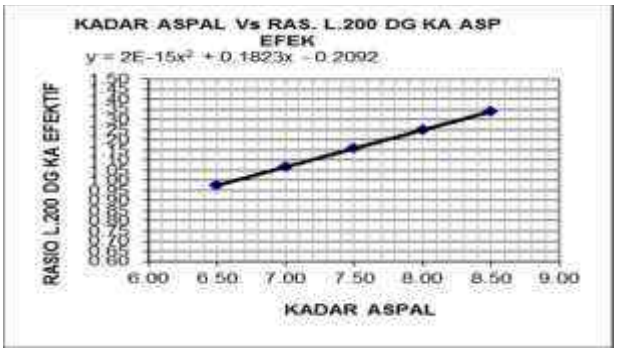
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFB



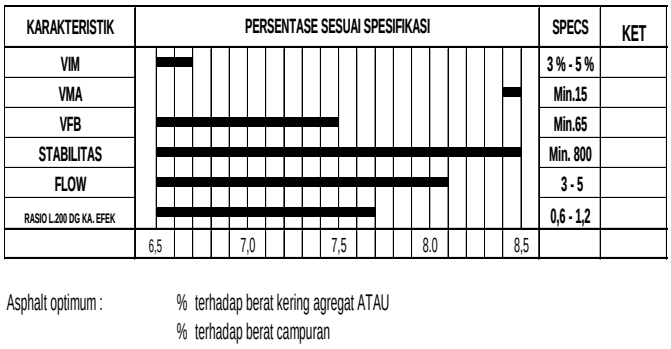
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar aspal dan flow



Gambar 4.7 Grafik hub. kadar aspal dan ras. L.200 dg ka. Ef.



Gambar 4.7 Grafik barchart spesifikasi campuran aspal AC-WC

Pada gambar diagram di atas, Nilai kadar aspal optimun (KAO) tidak memenuhi karakteristik campuran AC-WC karena nilai VIM, dan VMA nilainya rendah, hal ini disebabkan Bj. Bulk abu batu rendah

4. Kesimpulan

- Hasil penelitian menunjukkan karaktristik agregat kasar batu pecah ukuran (2/3, ½, 0,5/1) memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, sedangkan agregat halus (abu batu) Bj. Bulk dan Bj. semu nilainya < 2,375 tidak memenuhi syarat spesifikasi.
- Proporsi campuran AC-WC menggunakan batu putih ukuran split ½ (8%), split 0,5/1 (57%), dan tambahan filler 5%. Nilai kadar aspal optimun tidak memenuhi karakteristik campuran AC-WC karena nilai VIM, dan VMA nilai rendah, hal ini disebabkan Bj. Bulk abu batu rendah

5. Pustaka

1. ASHTO, *Standard Specification for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing*, rev 2010.
2. Badan Penelitian dan Pengembangan PU, SNI, *Metode Campuran Aspal dengan Alat Marshall*, SNI 06-2489-1991, TAHUN 1991. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
3. Ditjen Bina Marga, *Spesifikasi Umum* , 2018 Departemen Pekerjaan Umum .
4. Sukirman Silvia, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur Jalan Raya*, 2010, Bandung : Nova
5. Sukirman Silvia, *Beton Aspal Campuran panas*, April 2010, Jakarta : Granit

ANALISA HAMBATAN SAMPING JALAN AKIBAT KENDARAAN YANG KELUAR MASUK PADA LAHAN SAMPING JALAN (STUDI KASUS : RUAS JL. DR RATULANGI – JL. JEND. SUDIRMAN KOTA MAKASSAR)

Syahlendra[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Good transportation system can provide maximum service levels for road users. However, there are several factors that can reduce the level of road services. so, to realize a good transportation system, accurate planning data is needed. One of the factors in question is roadside barriers. This study aims to analyze the data of side obstacles that occur due to vehicles coming in and out of land beside the road. The method used to measure and process the side obstacle data follows the 1997 MKJI procedure. The road section being examined is the DR Ratulangi - Jend. Sudirman street. The main survey is conducted from 08.00 - 18.00. Data analysis was carried out by recapitulating the changes on weighing frequency of roadside barriers conditions every hour. The results showed the biggest side barrier weighting factor on weekdays occurred at 12.00-13.00 amounted to 285.6 and on holidays at 15.00-16.00 amounted to 366.1

Keywords :*roadside barriers, road services, weighted frequency*

1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi yang baik adalah sistem transportasi yang dapat memberikan kinerja dan pelayanan yang maksimal bagi masyarakat. Salah satu indikator kinerja dan pelayanan yang maksimal adalah waktu tempuh perjalanan yang cepat. Kinerja lalu lintas yang kurang maksimal akan mengakibatkan beban lalu lintas terhadap perkerasan jalan menjadi lebih besar. Hal ini diakibatkan karena kendaraan yang bertumpuk atau berjalan lambat pada suatu titik perkerasan jalan akan memberikan pembebanan yang lebih besar terhadap perkerasan jalan dibanding kendaraan yang bergerak lebih cepat. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan perkerasan jalan sebelum umur rencananya tercapai.

Kota Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki tingkat pertumbuhan kendaraan yang tinggi. Berdasarkan data KORLANTAS POLRI pada tahun 2012, jumlah kendaraan yang beroprasi mencapai 94.373.324 unit kendaraan, kemudian pada tahun 2013, jumlah kendaraan yang beroprasi naik sekitar 10,3 persen dari tahun 2012, yaitu sebesar 104.118.969 unit kendaraan. Data terakhir pada tahun 2015 menunjukkan jumlah kendaraan yang beroprasi menjadi sebesar 121.394.185 unit kendaraan, naik sekitar 16,6 persen dari jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2013 (Badan Pusat Statistik, 2018).

Salah satu factor yang dapat mengurangi tingkat kinerja dan pelayanan transportasi adalah faktor hambatan samping.Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu-lintas dari aktivitas samping segmen jalan, seperti pejalan kaki, kendaraan umum/kendaraan lain berhenti, kendaraan masuk/keluar sisi jalan dan kendaraan lambat (MKJI, 1997). Pada beberapa kasus yang lebih parah, hambatan samping yang tinggi bahkan dapat mengganggu fungsi jalan, misalnya dengan adanya aktifitas pedagang kaki lima yang berlebih ataupun parkir liar yang dilakukan di bahu atau badan jalan. Padahal berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004 tentang jalan pasal 12 point 1 dengan jelas mengatur bahwa setiap orang dilarang melakukan perbuatan yang mengakibatkan terganggunya fungsi jalan di dalam ruang manfaat jalan.

Salah satu penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh hambatan samping terhadap kinerja jalan yaitu Marunsenge, G. S., dkk, (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh hambatan samping terhadap kinerja jalan pada ruas jalan panjaitan dengan menggunakan metode MKJI 1997.Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingginya aktifitas sisi jalan atau hambatan samping cukup berpengaruh terhadap tingkat kinerja arus lalu lintas.

Jalan Ratulangi merupakan salah satu ruas jalan utama di Kota Makasar yang memiliki hambatan samping yang cukup tinggi.Tingginya tingkat hambatan samping pada ruas jalan Ratulangi disebabkan oleh padatnya pusat perbelanjaan dan perkantoran pada ruas jalan tersebut, sehingga aktifitas keluar masuk kendaraan pada lahan samping jalan tergolong tinggi.

[1] Korespondensi penulis: Syahlendra, Telp. 085299151858, syahlendrassyahrul@poliupg.ac.id

Berdasarkan latar belakang diatas, dirasakan perlu untuk melakukan suatu penelitian yang menganalisa tentang bagaimana hambatan samping diruas jalan Dr Ratulangi- Jend Sudirman akibat adanya aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan.

2. METODE PENELITIAN

1) Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif yang bersifat kuantitatif.Maksudnya bahwa penelitian ini bertujuan untuk menganalisasuatu variable secara terukur.dimana penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan. Data yang akan di olah bersifat terukur sehingga penelitian ini di golongkan ke dalam penelitian kuantitatif.

2) Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi berdasarkan dua jenis data yang akan diambil. Untuk pengambilan data geometric jalan, instrument penelitian yang digunakan adalah alat ukur roll meter, sedangkan untuk data hambatan samping, instrument yang digunakan antara lain kamera dan alat tulis.

3) Teknik Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di ruas jalan Dr. Ratulangi – Jend. Sudirman, dimana titik yang diamati adalah ruas jalan di depan toko agung. Data yang diambil adalah data geometric jalan dan data hambatan samping jalan.Data geometric jalan diambil dan diukur secara langsung di lokasi survey yang ditinjau.Data hambatan samping diambil melalui survey primer utama selama 3 hari (2 hari kerja dan 1 hari libur), mulai pukul 08.00-pukul 20.00.data hambatan samping diambil dengan interval waktu 15 menit.

4) Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Analisa dan pengolahan data dilakukan dengan menganalisa hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan.Pengolahan data hambatan samping jalan dilakukan dengan menggunakan prosedur MKJI 1997.Pengolahan data dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan rekapitulasi hasil survey hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan.Setelah itu, dilakukan perhitungan frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan.Tabel 1 memperlihatkan Faktor bobot hambatan samping jalan untuk menghitung frekwensi berbobot hambatan samping jalan.

Tabel 1. Faktor bobot hambatan samping

Tipe Kejadian Hambatan Samping	Faktor Bobot
Pejalan Kaki	0.5
Kendaraan Parkir/Berhenti	1
Kendaraan keluar/masuk	0.7
Kendaraan bergerak lambat	0.4

Sumber : MKJI 1997, Form UR-2 Hambatan Samping

Setelah frekwensi berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan diperoleh, kemudian dilakukan analisa data dengan mengamati perubahan frekwensi berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan setiap jamnya, serta menganalisa perbedaan factor berbobot hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari kerja dan pada hari libur.

Analisa data juga dilakukan dengan melihat bagaimana pengaruh frekuensi berbobot hambatan samping yang ditimbulkan akibat adanya kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada ruas jalan Dr. Ratulangi – Jend.Sudirman terhadap kelas hambatan samping jalan tiap jam pengamatan.Tabel 2. Menunjukkan Kelas Hambatan Samping berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang terjadi.

Tabel 2. Kelas Hambatan Samping

kelas hambatan samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian per 200 m per jam (dua sisi)	Kondisi khusus
Sangat rendah	VL	<100	Daerah permukiman;jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 - 299	Daerah permukiman;beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300 - 499	Daerah industri,beberapa toko disisi jalan
Tinggi	H	500 - 899	Daerah komersial,aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial dengan aktivitas pasar di samping jalan

Sumber : MKJI 1997, Tabel A-4:1 Kelas hambatan sarnping untuk jalan perkotaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Survei geometrik Jalan

Survei geometrik Jalan dilakukan pada malam hari, pada saat kondisi lalu lintas sudah sepi. Survei geometrik Jalan meliputi pengukuran lebar jalan, lebar bahu/trotoar jalan dan pengukuran dimensi lahan samping jalan, disamping itu survei geometrik jalan juga dilakukan untuk mengetahui tipe jalan. Dari survei geometrik jalan yang dilakukan, diketahui tipe jalan pada ruas jalan Ratulangi Kota Makassar yaitu Jalan 4 lajur 2 arah (4/2), ada yang terbagi dan ada yang tidak terbagi (D/UD). Adapun type jalan pada ruas jalan yang ditinjau adalah jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 D). sedangkan untuk dimensi jalan, diketahui lebar total jalan adalah 14,5 m, lebar separator jalan 50 cm, lebar jalan untuk masing-masing arah yaitu 7 m, dan lebar masing-masing lajur adalah 3,5 m, lebar bahu/trotoar jalan adalah 50 cm dan dari pengukuran dimensi lahan samping jalan diketahui luas lahan samping jalan yaitu 1163 m^2 untuk mobil dan 420.75 m^2 untuk motor.

2) Frekuensi Berbobot Hambatan Samping Jalan Akibat Adanya Kendaraan Keluar Masuk Pada Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja.

Survei hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja dilakukan selama 2 hari.Pencatatan data dilakukan dengan interval waktu per 15 menit dan rekapitulasi data dilakukan untuk setiap jam.Data hasil survey selama 2 hari kemudian dirata-ratakan sesuai dengan jenis kendaraan yang keluar atau masuk pada lahan samping jalan.Data hasil survey dapat dilihat pada Tabel 3 kolom (2) dan kolom (3).

Tabel 3. Hasil Survey Hambatan Samping Tiap Jam pada Hari Kerja

Jam	Total Kendaraan		Total / Jam	Koefisien Faktor Bobot	Faktor Berbobot		Frekwensi Berbobot Kejadian	Rata-rata
	Motor	Mobil			Motor	Mobil		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
08.00-09.00	175	60	235	0.7	122.50	41.65	164.15	
09.00-10.00	199	79	278	0.7	139.30	55.30	194.6	
10.00-11.00	227	93	320	0.7	158.90	64.75	223.65	
11.00-12.00	291	94	385	0.7	203.35	65.80	269.15	
12.00-13.00	297	111	408	0.7	207.90	77.70	285.6	
13.00-14.00	268	108	376	0.7	187.60	75.25	262.85	**241.9**
14.00-15.00	251	117	367	0.7	175.35	81.55	256.9	
15.00-16.00	293	102	395	0.7	205.10	71.05	276.15	
16.00-17.00	228	96	324	0.7	159.60	66.85	226.45	
17.00-18.00	236	91	327	0.7	165.20	63.70	228.9	
18.00-19.00	270	95	365	0.7	189.00	66.15	255.15	
19.00-20.00	265	106	370	0.7	185.15	73.85	259	

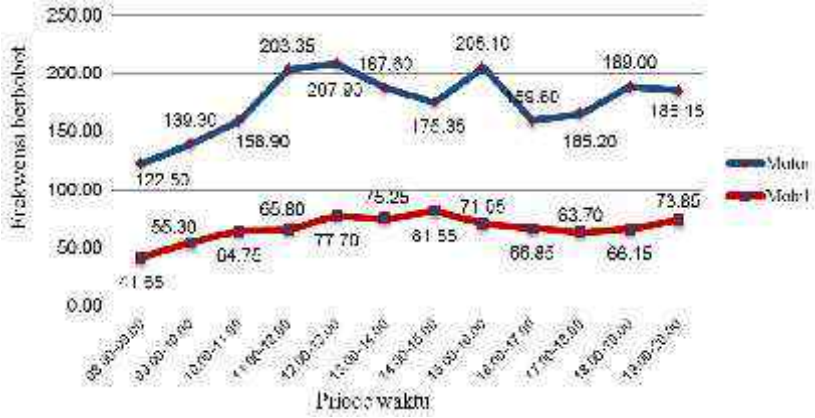
Untuk menentukan frekwensi berbobot hambatan samping, data jumlah hambatan samping yang telah direkapitulasi kemudian dikalikan dengan factor bobot hambatan samping akibat adanya kendaraan yang keluar masuk lahan samping jalan sesuai yang terlihat pada tabel1.Hasil perhitungan frekuensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan dapat dilihat pada tabel 3 kolom (6) dan kolom (7).Adapun jumlah berbobot kejadian dapat dilihat pada kolom (8).

Berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang diperoleh dari pengolahan data yang dilakukan, dapat dilihat bahwa untuk frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata untuk hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan adalah sebesar 241.9/jam.Nilai ini jika dianalisa berdasarkan tabel 2 sebenarnya masih masuk pada kategori kelas hambatan samping rendah, dimana nilai batas atas untuk kelas hambatan samping kategori rendah adalah memiliki jumlah berbobot sebesar 299.

Jika dianalisa lebih jauh, nilai frekwensi berbobot hambatan samping sebesar 241,9 yang diperoleh, tergolong cukup tinggi, karena selain nilai ini belum merupakan nilai jumlah berbobot hambatan samping yang diambil dari akumulasi frekwensi berbobot hambatan beberapa jenis hambatan samping lainnya (pejalan

kaki, kendaraan bergerak lambat dan kendaraan parkir/berhenti pada badan jalan), nilai ini juga hanya menggambarkan hambatan samping pada lokasi yang ditinjau, dimana lokasi dalam penelitian ini hanya meninjau 1 sisi jalan saja, sedangkan jumlah berbobot hambatan samping yang dimaksud pada tabel 2, adalah jumlah berbobot hambatan samping pada 2 sisi jalan.

Analisa juga dilakukan terhadap perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan tiap jam untuk tiap jenis kendaraan. Gambar 1 memperlihatkan perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja.



Gambar 1 .Perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari kerja utuk kendaraan sepeda motor terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 207.90 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 122.50. Untuk kendaraan mobil, frekwensi berbobot terbesar terjadi pada pukul 14.00-15.00 yaitu sebesar 81.55 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 41.65.Secara total keseluruhan,factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 285.6 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 164.15.Nilai frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja yang diperoleh, dimana secara rata-rata nilai terbesar terjadi pada siang hari, disebabkan sebagian besar aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan terjadi pada saat jam istirahat kerja pada siang hari.

3) Frekuensi Berbobot Hambatan Samping Jalan Akibat Adanya Kendaraan Keluar Masuk Pada Lahan Samping Jalan Pada Hari Libur.

Survei hambatan samping jalan akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur dilakukan selama 1 hari.Pencatatan data dilakukan dengan interval waktu per 15 menit dan rekapitulasi data dilakukan untuk setiap jam.Data hasil survey dapat dilihat pada Tabel 4 kolom (2) dan kolom (3).

Tabel 4. Hasil Survey Hambatan Samping Tiap Jam pada Hari Libur

Jam	Total Kendaraan		Total / Jam	Koefisien Faktor Bobot	Faktor Bobot		Jumlah Berbobot Kejadian	**Rata-rata**
	Motor	Mobil			Motor	Mobil		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
08.00-09.00	183	50	233	0.7	128.1	35.0	163.1	
09.00-10.00	303	71	374	0.7	212.1	49.7	261.8	
10.00-11.00	301	102	403	0.7	210.7	71.4	282.1	
11.00-12.00	400	121	521	0.7	280.0	84.7	364.7	
12.00-13.00	367	140	507	0.7	256.9	98.0	354.9	
13.00-14.00	338	133	471	0.7	236.6	93.1	329.7	**283.15**
14.00-15.00	381	119	500	0.7	266.7	83.3	350	
15.00-16.00	386	137	523	0.7	270.2	95.9	366.1	
16.00-17.00	223	137	360	0.7	156.1	95.9	252	
17.00-18.00	201	147	348	0.7	140.7	102.9	243.6	
18.00-19.00	210	123	333	0.7	147.0	86.1	233.1	
19.00-20.00	181	100	281	0.7	126.7	70.0	196.7	

Berdasarkan frekwensi berbobot hambatan samping yang diperolehdari pengolahan data yang dilakukan (kolom 8), dapat dilihat bahwa untuk frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata untuk hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan adalah sebesar 283.15/jam.Nilai ini jika dianalisa berdasarkan tabel 2 masih masuk pada kategori kelas hambatan samping rendah mendekati kategori sedang, dimana nilai batas atas untuk kelas hambatan samping kategori rendah adalah memiliki jumlah berbobot sebesar 299.

Jika dianalisa lebih jauh, nilai frekwensi berbobot hambatan samping sebesar 283.15 yang diperoleh, tergolong tinggi, karena sama halnya dengan analisa yang dilakukan untuk hambatan samping pada hari kerja, selain nilai ini belum merupakan nilai jumlah berbobot hambatan samping yang diambil dari akumulasi frekwensi berbobot hambatan beberapa jenis hambatan samping lainnya (pejalan kaki, kendaraan bergerak lambat dan kendaraan parkir/berhenti pada badan jalan), nilai ini juga hanya menggambarkan hambatan samping pada lokasi yang ditinjau, dimana lokasi dalam penelitian ini hanya meninjau 1 sisi jalan saja, sedangkan jumlah berbobot hambatan samping yang dimaksud pada tabel 2, adalah jumlah berbobot hambatan samping pada 2 sisi jalan.

Analisa juga dilakukan terhadap perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan tiap jam untuk tiap jenis kendaraan. Gambar 2 memperlihatkan perubahan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur.

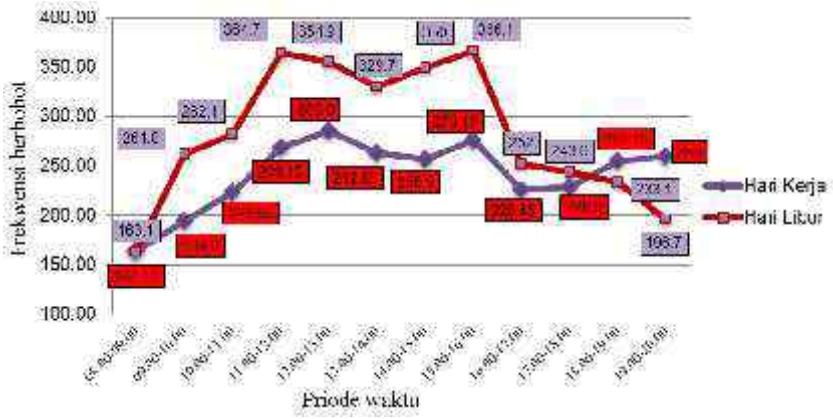
Gambar 2 .Frekuensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari libur utuk kendaraan sepeda motor terbesar terjadi pada pukul 11.00-12.00 yaitu sebesar 280 dan terkecil terjadi pada pukul 19.00-20.00 sebesar 126.7. Untuk kendaraan mobil, frekwensi berbobot terbesar terjadi pada pukul 17.00-18.00 yaitu sebesar 102.9 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 sebesar 35.0.Secara total keseluruhan, factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 15.00-16.00 yaitu sebesar 366.1 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 163.1.

Nilai frekwensi berbobot hambatan samping pada hari libur yang diperoleh, terdistribusi lebih bervariasi, hal ini disebabkan sebagian besar aktifitas kendaraan yang keluar masuk pada lahan samping jalan pada hari libur tidak terikat dengan adanya jam kerja.

4) Perbandingan Frekwensi Berbobot Hambatan Samping Setiap Jam Akibat Kendaraan Keluar Masuk Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja Dan Hari Libur

Analisa juga dilakukan dengan membandingkan perubahan nilai frekwensi berbobot hambatan samping dari jam ke jam secara total pada hari kerja dan hari libur. Gambar 3 memperlihatkan perbandingan frekwensi berbobot hambatan samping setiap jam akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja dan hari libur.



Gambar 3 . Perbandingan FrekwensiBerbobot Hambatan Samping Setiap Jam Akibat Kendaraan Keluar Masuk Lahan Samping Jalan Pada Hari Kerja Dan Hari Libur

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat secara jelas bahwa frekwensi berbobot hambatan samping akibat adanya kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari libur mulai dari pagi sampai sore hari lebih besar dibandingkan frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja. Hal ini jelas dikarenakan tidak adanya jam kerja yang mengikat pada hari libur, sehingga orang lebih bebas untuk beraktifitas pada siang hari.Nilai frekwensi berbobot hambatan samping baru terlihat berubah pada sore sampai malam hari, dimana pada sore sampai malam hari, frekwensi berbobot hambatan samping pada hari kerja lebih besar dibandingkan pada hari libur. Hal ini disebabkan karena pada hari libur, orang lebih memilih untuk beraktifitas pada pagi sampai sore hari dan kembali untuk beristirahat pada sore sampai malam hari.

4. KESIMPULAN

1) Hasil penelitian menunjukkan pada hari kerja factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 12.00-13.00 yaitu sebesar 285.6 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 164.15 sedangkan pada hari libur factor berbobot hambatan samping terbesar terjadi pada pukul 15.00-16.00 yaitu sebesar 366.1 dan terkecil terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu sebesar 163.1.
2) Nilai frekwensi berbobot hambatan samping rata-rata akibat kendaraan keluar masuk lahan samping jalan pada hari kerja sebesar 241,9 dan pada hari libur sebesar 283,15. Nilai ini tergolong tinggi karena penelitian hanya meninjau satu jenis hambatan samping pada satu sisi jalan saja, sedangkan nilai-nilai yang diperoleh sudah mendekati kategori hambatan samping kelas sedang.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik, 2016, Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2015, (On Line), (https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133 , diakses tanggal 7 Juni 2017).
[2] Manual Kapasitas Jalan Indonesia. 1997.
[3] Marunsenge G S, Timboeleng J A, Elisabeth L. 2015. Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Pada Ruas Jalan Panjaitan (Kelenteng Ban Hing Kiong) dengan Menggunakan Metode Mkji 1997. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.8 Agustus 2015 (571-582) ISSN: 2337-6732.
[4] Undang-undang Republik Indonesia nomor 38 tahun 2004. Jalan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai pemberi hibah dana penelitian, serta kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

EVALUASI PEMANFAATAN LIMBAH SLAG BAJA SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA PRODUKSI BETON MUTU TINGGI

Irka Tangke Datu [1)], Khairil[2)]
[1),2] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

This study aims to evaluate the characteristics of iron slag material and compressive strength of high strength concrete with fine aggregate variation of Slag. The research began with testing the characteristics of the material then made a high-quality concrete design f'c 50 MPa witha totalof 30 cylindrical specimens (10cm diameter and 20cm height). Concrete designs made as many as three variations, respectively: variations using coarse aggregate of crushed stone combined with fine aggregate variations of 0%, 50%, and 100% iron slag. Concrete compressive strength testing is carried out at 28 days. The results of testing the characteristics of steel slag fine aggregate show the results met the requirements. The results of the compressive strength test of the average concrete for a variation of 0% iron slag of 46.8 MPa. For 50% variation of iron slag of 48.42 MPa and 100% variation of iron slag of 57.08 MPa.

Keywords*: fine aggregate, iron slag, high strength concrete, compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Beton adalah suatu material hasil dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan Terkadang dengan satu atau lebih bahan tambah untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu.

Material limbah *slag* dapat diperoleh dalam jumlah besar dan berkelanjutan selama pabrik baja tersebut beroperasi. Sebagai contoh, salah satu pabrik baja yang dapat menghasilkan limbah *slag* tersebut adalah pabrik baja PT. Barawaja yang beroperasi di Kota Makassar, Propinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa pabrik baja tersebut mampu menghasilkan limbah *slag* mencapai 14.00 ton per bulan, sehingga hal ini memungkinkan untuk digunakan secara berkelanjutan.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah *slag* sebagai ageragat kasar pada beton telah dilakukan oleh Irka Tangke datu (2012), dengan menggunakan mutu beton tinggi f'_c 55 MPa, rancangan beton dibuat sebanyak 4 variasi, masing-masing: agregat kasar slag 100% yang dikombinasi dengan fraksi volume serat 0%, 0,1%, 0,2 dan 0,3%. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik beton meliputi kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah. Hasil pengujian diperoleh bahwa Pengaruh Polypropylene Fiber pada matriks beton mutu tinggi yang menggunakan slag baja sebagai ageregat kasar dapat meningkatkan sifat mekanis beton dan dengan slag baja sebagai agregat kasar menghasilkan peningkatan tegangan terbesar pada kuat lentur kemudian disusul oleh kuat tarik dan kuat tekan. Penelitian serupa dilakukan oleh Irka Tangke datu, dkk (2013), 4 variasi, masing-masing: variasi slag 100% yang dikombinasi dengan variasi ukuran maksimum agregat kasar slag 10mm, 20mm, 30mm, dan 40mm dengan mutu beton f'_c 55 MPa. Hasil pengujian diperoleh bahwa Pengaruh variasi ukuran maksimum agregat kasar *slag baja* terhadap sifat mekanis beton antara lain; kuat tekan relatif sama tidak terjadi perubahan yang signifikan ini dilihat dari nilai kuat. Hubungan korelasi variasi ukuran maksimum agregat kasar *slag baja* pada sifat mekanis beton cenderung tidak terjadi perubahan signifikan pada kuat tekan dan kuat tarik, yang mana variasi ukuran agregat kasar slag maksimum 20 mm, 30 mm dan 40 mm menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik yang relatif sama. Sedangkan kuat lentur untuk variasi variasi ukuran agregat kasar slag maksimum 20 mm dan 30 mm relatif sama sedangkan untuk ukuran agregat kasar slag maksimum 40 mm nilai kuat lentur menurun.

Penelitian pemanfaatan slag baja sebagai agregat halus telah dilakukan tahun 2016 dan hasilnya kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari diperoleh masing-masing benda uji Variasi 0% agregat halus slag baja S 0% 52,9 MPa, benda uji S 50% 75,73 Mpa dan benda uji benda S 100% 68,76 Mpa.

Sejak akhir tahun 2016 terjadi perubahan perlakuan penanganan pendinginan limbah slag baja di pabrik PT. Barawaja, hasil residu pembakaran tanur tinggi peleburan baja PT. Barawaja ini pendinginan tidak lagi

[1] Korespondensi penulis: Irka Tangke Datu, Telp 081355840462, irkatd@poliupg.ac.id

dilakukan secara alami karena kondisi tempat di lokasi yang tidak memungkinkan, sehingga pendingian hasil residu pembakaran ini dilakukan dengan cara menyiram dengan air. Proses pendingigan dengan cara menyiram dengan air menghasilkan limbah slag dengan karakteristik berbeda degan limbah slag yang dihasilkan dengan pendinginan alami yang telah diteliti sebelumnya. Karekteristik limbah slag dengan pendingian menyiram air menghasilkan limbah slag yang rapuh (mudah hancur), karena perubahan karakteristik ini sehingga kami melakukan evaluasi kembali pemanfaatan slag baja sebagai agreat halus agar limbah slag baja ini tetap dapat dimanfaatka.

2. METODE PENELITIAN

Rangkaian kegiatan penelitian terdiri atas persiapan bahan dan alat, pengujian karakteristik agregat, perancangan campuran, pembuatan sampel, dan pemeriksaan sifat-sifat mekanis beton. Secara umum prosedur penelitian dilakukan sebagai berikut:

a. Persiapan bahan antara lain: semen PCC, agregat halus dan kasar, limbah *slag* baja *(steel slag)*, air, *superplasticizer*, dan air bersih. Sedangkan alat uji yang disiapkan ; 1 (satu) set saringan, timbangan digital ketelitian 0,01 gr, timbangan biasa kapasitas 2500 kg, mesin pengaduk beton, cetakan silinder silinder 10 x 20 cm, mesin pemadat, mesin uji tekan kapasitas 1500 kN, dan lain-lain.
b. Pengujian karakteristik material agregat (agregat kasar batu pecah, halus pasir dan slag baja) meliputi: analisa saringan, berat jenis, kadar air, keausan, berat isi, dan lain-lain.
c. Selanjutnya dibuat rancangan beton *(mix design)* dengan rencana mutu beton tinggi f'_c 50 MPa. Rancangan beton dibuat sebanyak 3 variasi, masing-masing: variasi agregat halus slag baja 0%, 50%, 100%.
d. Pembuatan benda uji meliputi: penakaran, pengadukan, pemadatan, dan perawatan beton dengan metode perendaman selama 27 hari. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 30 silinder ▫ 10 cm t = 20cm dengan 3 variasi benda uji.
e. Setelah mencapai umur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik beton: uji kuat tekan silinder (standar ASTM C39 – 01) menggunakan alat *Compression Testing Machine*.
f. Tahapan akhir dilakukan pengolahan data hasil pengujian, lalu dianalisis dan dibahas kemudian membuat kesimpulan hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakteritik agregat halus dan agregat kasar diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 1. Tabel 2 dan Tabel 3

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus Pasir

No	Uraian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar Air	6,27	%	3,0 - 5,0	Relatif tinggi
2	Kadar Lumpur	7,34	%	0,2 - 6,0	Relatif tinggi
3	Modulus Kehalusan	2,83	-	2,2 - 3,1	Memenuhi
4	Berat Isi	1.418	kg/liter	1,4 - 1,9	Memenuhi
5	BeratJenis SSD	2.422	-	1,6 - 3,2	Memenuhi
6	Penyerapan	3.269	%	0,2 - 2,0	Relatif tinggi

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus Slag Baja

No	**Uraian**	**Hasil**	**Satuan**	**Spesifikasi**	**Keterangan**
1	Kadar Air	4.68	%	3,0 - 5,0	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	5.983	%	0,2 - 6,0	Memenuhi
3	Modulus Kehalusan	3.55	-	2,2 - 3,1	Relatif kasar
4	Berat Isi	1.56	kg/liter	1,4 - 1,9	Memenuhi
5	BeratJenis SSD	3.19	-	1,6 - 3,2	Memenuhi
6	Penyerapan	4.015%	%	0,2 - 2,0	Relatif tinggi

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Uraian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Spesifikasi
1	Kadar Air	1,961	%	0,5 - 2,0	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,245	%	0 - 1	Memenuhi
3	Modulus Kehalusan	7,627	-	5,5 - 8,5	Memenuhi
4	Berat Isi	1,257	kg/liter	1,6 - 1,9	Relatif rendah
5	BeratJenis SSD	2,535	-	1,6 - 3,2	Memenuhi
6	Penyerapan	2,745	%	0,2 - 4,0	Memenuhi
7	Keausan	24,019	%	< 30	Memenuhi

Dari tabel 1, 2 dan 3 memperlihatkan hasil pengujian karakteristik material bahwa agregat kasar, agregat halus pasir dan agregat halus slag baja memenuhi syarat untuk digunakan.

Hasil pengujian kuat tekan *(Compressive Strength)* beton pada umur 28 hari variasi agregat halus slag baja 0%, 50% dan 100% dapat dilihat pada Tabel 4, 5, 6.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (0 % agregat halus slag)

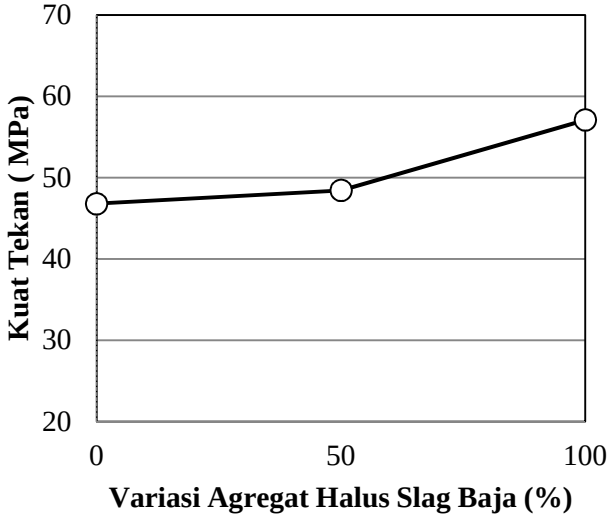
No.	Umur (hari)	Kode Sampel	Berat (kg)	Berat isi beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	P_{Max} (KN)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28	SN 0-01	3,62	2305,73	200	7850,0	375,9	47,89
		SN 0-02	3,65	2324,84	200	7850,0	363,6	46,32
		SN 0-03	3,68	2343,95	200	7850,0	369	47,01
		SN 0-04	3,67	2337,58	200	7850,0	351,9	44,83
		SN 0-05	3,61	2299,36	200	7850,0	366	46,62
		SN 0-06	3,59	2286,62	200	7850,0	379,5	48,34
		SN 0-07	3,65	2324,84	200	7850,0	368	46,88
		SN 0-08	3,63	2312,10	200	7850,0	365	46,50
Kuat Tekan Rata-rata								**46,80**

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (50% agregat halus slag)

No.	Umur (hari)	Kode Sampel	Berat (kg)	Berat isi beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	P_{Max} (KN)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28	SA 4-01	3,83	2439,49	200	7850,0	378,5	48,22
		SA 4-02	3,82	2433,12	200	7850,0	374,5	47,71
		SA 4-03	3,82	2433,12	200	7850,0	372,1	47,40
		SA 4-04	3,85	2452,23	200	7850,0	381	48,54
		SA 4-05	3,83	2439,49	200	7850,0	380,1	48,42
		SA 4-06	3,82	2433,12	200	7850,0	361,6	46,06
		SA 4-07	3,82	2433,12	200	7850,0	398,5	50,76
		SA 4-08	3,84	2445,86	200	7850,0	385	49,04
		SA 4-09	3,84	2445,86	200	7850,0	389,7	49,64
Kuat Tekan Rata-rata								**48,42**

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (100% agregat halus slag)

No.	Umur (hari)	Kode Sampel	Berat (kg)	Berat isi beton (kg/m3)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	P_{Max} (KN)	Kuat Tekan (Mpa)
1	28	SB 4-01	3,95	2515,92	200	7850,0	455,7	58,05
		SB 4-02	4,04	2573,25	200	7850,0	451	57,45
		SB 4-03	3,97	2528,66	200	7850,0	468,3	59,66
		SB 4-04	4,07	2592,36	200	7850,0	420,2	53,53
		SB 4-05	4,02	2560,51	200	7850,0	449	57,20
		SB 4-06	3,98	2535,03	200	7850,0	447,8	57,04
		SB 4-07	3,99	2541,40	200	7850,0	444,7	56,65
Kuat Tekan Rata-rata								**57,08**



Gambar 1. Hubungan Kuat Tekan – Variasi Agregat Halus Slag Baja

Dari tabel 4,5,6 dan gambar1 memperlihatkan kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari untuk variasi 0 % slag baja sebesar 46,8 Mpa, variasi 50% slag baja sebesar 48,42 Mpa dan variasi 100% slag baja sebesar 57,08 Mpa. Peningkatan kuat tekan beton terbesar terjadi pada variasi penggunaan 100% agregat halus slag baja.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1) Hasil pengujian karakteristik material slag baja diperoleh hasil slag baja memenuhi syrat untuk digunakan sebagai pengganti agregat halus.
2) Penggunaan variasi 100 % agregat halus slag baja menghasikan kuat tekan tertinggi sebesar 57,08 Mpa.

5. DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 363 R-92. *State of The Art Report on High-Strength Concrete, (Reapproved 1997).* American Concrete Institute. U.S.A., 1997

Aitcin, P.C. . *High-Performance Concrete.* Taylor & Francis. New York, 1998

American Standart for Testing and Material . *Annual Book of ASTM Standart Volume 04.02. Concrete and Agregates.* Philadelpia, 2002

Amri, Sjafei. *Teknologi Beton A - Z.* Penerbit UI-Press. Jakarta, 2005

Caldarone, Michael A. . *High-Strength Concrete : A Practical Guide.* Taylor & Francis. New York, 2009

Federation Highway Administration (FHWA). *High Performance Concrete : Structural Desiger's Guide.* U.S.A, 2015

McCormac,Jack C. *Desain Beton Bertulang Edisi kelima.* Terjamahan oleh Sumargo. 2004, Penerbit Erlangga, Jakarta, 2004

Nawy, Edward G., . *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar).*Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono. 1990. Bandung. PT. Eresco Bandung, 1985

Nugraha, Paul., dan Antoni. *Teknologi Beton (Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi).* Penerbit Andi Offset. Jogyakarta, 2007

Rashid, M.A., M.A. Mansur, and P. Paramasivam. *Correlations between Mechanical Properties of High Strength Concrete . Journal of Material in Civil Engineering*. Vol. 14, No. 3 , pp. 230 – 238, 2002

Tangke datu, Irka. 2013. *Krakteristik Mekanis Beton mutu Tinggi Polypropylene Fiber Yang Menggunakan Limbah Slag Sebagai Agregat Kasar . Proceedings : Seminar Nasional ke-III Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta*

Tangke Datu, Irka, dkk. *Krakteristik Mekanis Beton mutu Tinggi dengan Variasi Ukuran Maksimum Agregat Kasar Limbah Slag baja* . Jurnal Intek Volume 1 No.1**,** Oktober 2013

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan terhadap penelitian ini kepada:

- Politeknik Negeri Ujung Pandang
- UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Laboratorium Bahan & Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

STUDI PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN FILTRASI SINGLE MEDIUM

Suryani Syahrir[1)] dan Irwan Gani[2)]
[1)] *Dosen Teknik Sipil STT-Baramuli Pinrang*
[2)] *Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Pangkep*

ABSTRACT

In general, filtration is a process used in a water treatment to separate impurities (particulates) contained in water. Water seeps and passes through the filter media so that it will accumulate on the filter surface and accumulate along the depth of the media through which it passes. Iron (Fe) is one of the elements that can be found in almost every place on earth, in all geological layers and all bodies of water. In general, iron in water can be dissolved as Fe^{2+} or Fe^{3+}. Water treatment methods to reduce the iron content of water commonly used follow the basic steps of oxidation, sedimentation and filtration. Filtration is the process of cleaning water by passing it through a porous media. One of the most widely used porous media is quartz sand. In this research, Malimpung quartz sand is used as a filter media, which previously went through a testing phase in the Soil Mechanics Laboratory to test whether Malimpung quartz sand qualifies as a filter sand. Furthermore, a miniature filtration device is made using acrylic material with dimensions 60x60x160 cm^3. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of Malimpung quartz sand in reducing iron (Fe) content with six variations in the thickness of the filter media using a single medium filter type. The results showed that Malimpung quartz sand has a specific gravity (G_s) as 2.66. This value is still within the range recommended by the American Water Works Association, namely G_s = 2.65-2.67 so that it is worthy of being filter sand. Furthermore, the variation of the thickness of the filter media for a single filter medium gives an influence in reducing the iron content where there is a significant decrease in iron (Fe) levels at a thickness of 690 mm.

Keywords: *filtration, single medium, iron (Fe), quarts sand, filter media.*

1. PENDAHULUAN

A. Definisi dan Ruang Lingkup

Air sangat penting bagi kehidupan manusia, harus bebas dari unsur-unsur yang berbahaya. Salah satu unsur yang mempengaruhi kualitas air minum dan air domestik adalah unsur zat besi (Fe). Peraturan Pemerintah tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MenKes/ PER/IV/2010 menyatakan bahwa salah satu syarat dalam sistem penyediaan air bersih adalah bahwa kandungan zat besi (Fe) dalam air bersih maksimum adalah 0,3 mg/L. [1]

Kontaminan utama terhadap air murni H_2O adalah zat padat (*solid*) dengan mineral-mineral yang terikut didalamnya. Kontaminan tersebut masuk ke dalam air baik di dalam tanah, di permukaan maupun di udara selama air mengalami siklus hidrologi. Salah satu kontaminan yang biasa terdapat di dalam air, terutama air tanah, adalah zat besi.

Unsur besi (Fe) dalam jumlah kecil diperlukan oleh tubuh manusia dalam metabolismenya. Walaupun tidak berpengaruh pada kesehatan namun dalam konsentrasi yang melebihi ambang batas unsur besi dapat menyebabkan air berwarna kemerahan, kuning dan kehitaman, memberi rasa tidak enak pada minuman, menimbulkan noda dalam cucian serta bila teroksidasi akan menimbulkan endapan pada jaringan pipa.

Metode pengolahan air untuk mengurangi kandungan besi dari dalam air yang biasa digunakan mengikuti langkah-langkah dasar yaitu oksidasi, sedimentasi, dan filtrasi. Filtrasi adalah proses pembersihan air dengan melewatkannya melalui suatu media berpori. Filtrasi merupakan proses penjernihan atau penyaringan air limbah melalui media (pada penelitian ini digunakan pasir kuarsa Malimpung), dimana selama air melalui media akan terjadi perbaikan kualitas. Hal ini disebabkan adanya pemisahan partikel-partikel tersuspensi dan koloid, reduksi bakteri, dan organisme lainnya serta pertukaran konstituen kimia yang ada di dalam air limbah.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat mekanisme filtrasi sebagai berikut:

1. Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
2. Sedimentasi
3. Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
4. Koagulasi dalam *filter bed*

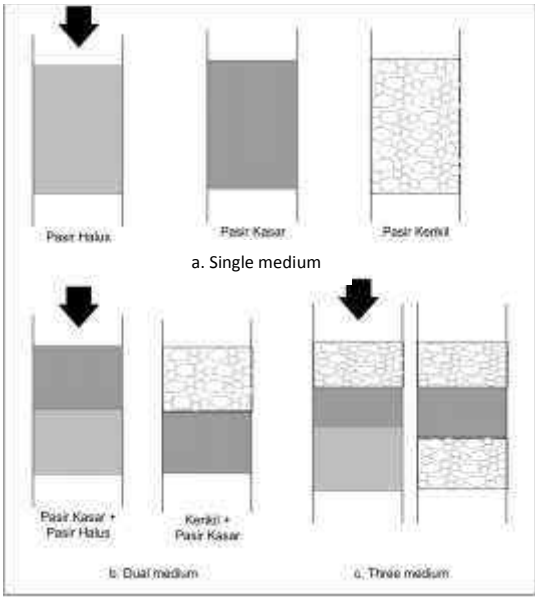
[1] Korespondensi penulis: Suryani Syahrir, Telp 089612952851, suryanium.izzah@gmail.com

5. Aktivitas biologis

Salah satu catatan tertulis paling awal tentang pengolahan air, yakni sekitar tahun 4000 SM, menyebutkan tentang filtrasi air melalui arang atau pasir dan kerikil. Walaupun sejumlah modifikasi telah dibuat dengan cara yang aplikatif, filtrasi tetap menjadi salah satu teknologi mendasar terkait dengan pengolahan air. [2]

Digunakannya media filter atau saringan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring yang memisahkan campuran solida likuida dengan media *porous* atau material *porous* lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*). Pada pengolahan air baku dimana proses koagulasi tidak perlu dilakukan, maka air baku langsung dapat disaring dengan saringan jenis apa saja termasuk pasir kasar. Karena saringan kasar mampu menahan material tersuspensi dengan penetrasi partikel yang cukup dalam, maka saringan kasar mampu menyimpan lumpur dengan kapasitas tinggi. [3]

Apabila air olahan mempunyai padatan yang berukuran seragam maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Sebaliknya jika ukuran padatan beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium*, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tipe penyaringan pasir

B. Penelitian-Penelitian Terdahulu

1. Wiharyanto Oktiawan, Krisbiantoro (2007)

Dari penelitian ini diketahui bahwa rata-rata besarnya penurunan konsentrasi Fe^{2+} untuk filter media pasir aktif berdasarkan variasi konsentrasi, debit, dan waktu adalah 43,71%. [4]

2. V. Darsono, Teguh Sutomo (2002)

Berdasarkan penelitian ini, filter pasir lambat dapat menurunkan kandungan Fe sampai 89,76 %, dengan menggunakan diameter butir pasir 0,297 mm dan ketebalan media 90 cm. [5]

3. Tibin R. Prayudi (2008)

Pada penelitian ini, digunakan campuran *fly ash* dengan pasir kuarsa sebagai media saringan. Dari hasil penelitiannya diperoleh hasil bahwa penurunan warna sebesar 97,67%, Fe sebesar 97,65%, Zn sebesar 86,66%, dan Cu sebesar 71,43%, yang terkandung dalam air *leachate* pada komposisi campuran 60 % *fly ash* dan 40 % pasir kuarsa pada debit 0,0001 liter/detik. [6]

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektifitas pasir kuarsa Malimpung dalam menurunkan kadar besi (Fe) dengan enam variasi ketebalan media filter menggunakan tipe saringan *single medium*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian terdiri dari dua tahapan, yang pertama adalah pengambilan sampel di lokasi studi dan tahapan kedua adalah pengujian di laboratorium. Pada tahapan pertama, sampel media pasir diambil dari Desa Malimpung yang terletak di Kabupaten Pinrang dengan beberapa titik pengambilan yang telah ditambang oleh penduduk setempat. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam wadah sesuai kebutuhan. Pada tahapan kedua, sampel diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin dan Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan *Sieve Analysis* untuk memilih ukuran diameter butir pasir yang memenuhi persyaratan sebagai pasir saringan. Selanjutnya membuat miniatur alat filtrasi dari bahan acrylic dengan dimensi (60x60x160) cm^3. Percobaan dilakukan dengan mengalirkan air yang akan diolah (air baku) ke dalam miniatur alat filtrasi dengan mengatur debit aliran pada katup (Q_{inlet}). Selanjutnya mengatur variasi ketebalan media filter dengan enam variasi yaitu 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm, dan 710 mm. Kemudian menampung dalam wadah dengan waktu tertentu pada aliran keluar (Q_{outlet}). Selanjutnya sampel air tersebut diuji di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin untuk mengetahui penurunan kandungan zat besi dalam air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Karakteristik Pasir Kuarsa Malimpung

Ada dua jenis pengujian yaitu berat jenis dan analisa saringan. Hasil pengujian untuk berat jenis pasir kuarsa Malimpung diperoleh hasil seperti Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Berat jenis pasir kuarsa Malimpung

.	Sampel I	Sampel II
Berat Piknometer, W_1 (gram)	45	46
Berat Piknometer + air, W_2 (gram)	142	144
Berat Piknometer + air + tanah, W_3(gram)	173,3	175,1
Berat Tanah Kering, Ws (gram)	50	50
Temperatur, ^{0}C	27	27
Faktor Koreksi, a	0,9983	0,9983
Berat Jenis, Gs	2,669	2,641
Berat Jenis Rata-Rata, Gs	2,66	

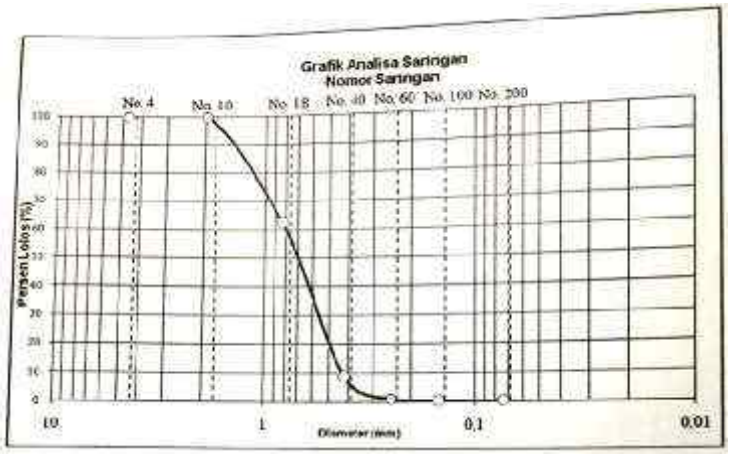
Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Dari Tabel 1 di atas diperoleh berat jenis rata-rata dari pasir kuarsa Malimpung yaitu 2,66. Selanjutnya untuk pengujian analisa saringan diperoleh hasil seperti Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Analisa saringan pasir kuarsa Malimpung

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
4	4,75	0	0	0,00	100,00
10	2	0	0	0,00	100,00
18	0,84	188	188	37,60	62,40
40	0,425	268	456	91,20	8,80
60	0,25	38	494	98,80	1,20
100	0,15	4	498	99,60	0,40
200	0,075	0	498	99,60	0,40
Pan	-	2	500	100,00	0,00

Sumber: Hasil pengujian laboratorium



Gambar 2. Kurva distribusi analisa saringan

Dari gambar 2 diperoleh nilai: D_{10} = 0,46 mm, D_{30} = 0,56 mm, dan D_{60} = 0,82 mm; maka nilai Cu= D_{60}/D_{10} = 1,78. Dari nilai Gs = 2,66 dan Cu = 1,78, menunjukkan bahwa pasir kuarsa Malimpung memenuhi syarat sebagai pasir saringan sesuai standar AWWA (*American Water Works Assosiation*) sehingga layak digunakan sebagai media filter dalam pengolahan air.

Untuk kandungan kimiawi pasir kuarsa Malimpung diuji di Laboratorium Terpadu Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dengan menggunakan alat *EDXRF analyzer*, diperoleh kadar SiO_2 sebesar 97,07 % dan kadar lainnya yang tercantum pada Tabel 3 di bawah ini. Dengan kandungan kadar SiO_2 sebesar ini mengindikasikan bahwa pasir kuarsa Malimpung sangat baik digunakan sebagai media filter karena memiliki kadar kekerasan yang cukup tinggi.

Tabel 3. Kadar kimiawi pasir kuarsa Malimpung

No.	Kandungan Kimiawi	Kadar (%)
1	SiO_2	97,07
2	Fe_2O_3	0,209
3	K_2O	2,37
4	BaO	0,224
5	SrO	0,0536
6	Nb_2O_5	0,0215
7	$M0O_3$	0,0166
8	Rb_2O	0,0124
9	In_2O_3	0,0067
10	SnO_2	0,0061
11	RuO_4	0,0057

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

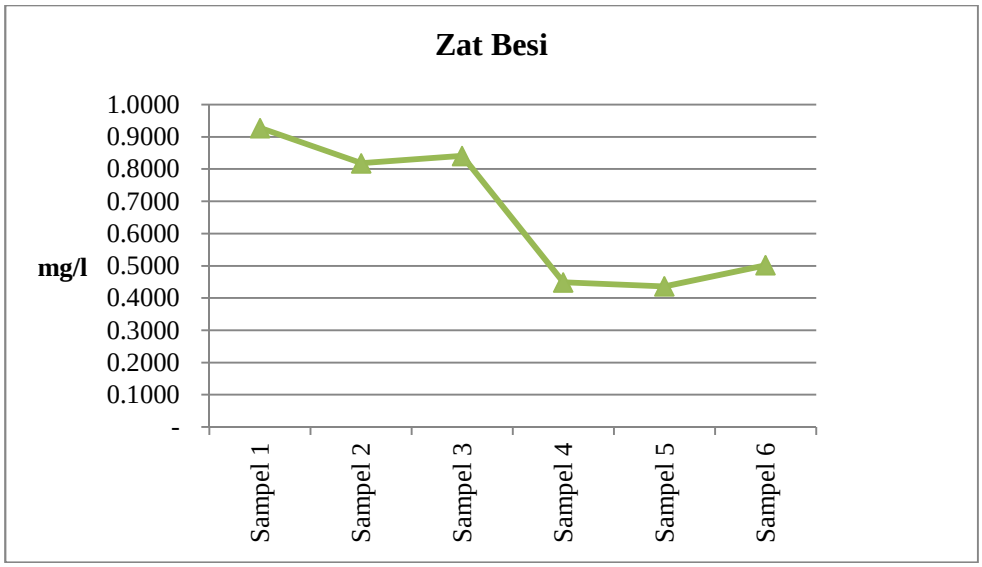
B. Hasil Pengujian Air

Setelah sampel pasir yang diuji memenuhi persyaratan sebagai pasir saringan, maka tahapan selanjutnya yaitu pengujian air. Pada pengujian ini diperoleh enam sampel air dengan enam variasi ketebalan, yaitu sampel 1 (tebal media filter 610 mm) hingga sampel 6 (tebal media filter 710 mm). Sampel air ini selanjutnya di uji di Laboratorium Oseanografi Kimia Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas untuk mengetahui penurunan kandungan zat besi dalam air. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian kandungan besi (Fe) pada enam buah sampel air hasil filtrasi yang diuji.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sampel Air Setelah Filtrasi

Sampel No	Kode Contoh	Besi (mg/l)
1	Sampel 1 (tebal media filter 610 mm)	0.9270
2	Sampel 2 (tebal media filter 630 mm)	0.8180
3	Sampel 3 (tebal media filter 650 mm)	0.8407
4	Sampel 4 (tebal media filter 670 mm)	0.4487
5	Sampel 5 (tebal media filter 690 mm)	0.4364
6	Sampel 6 (tebal media filter 710 mm)	0.5019

Sumber : Hasil Pengujian laboratorium



Sumber : Hasil pengolahan data

Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Zat Besi

Dari Tabel 4 dan Gambar 3 di atas secara umum terlihat bahwa hasil pengujian air dengan saringan *single medium* belum memberikan hasil yang efektif, walaupun sudah terjadi penurunan namun hasilnya belum signifikan. Namun jika dilihat dari enam variasi ketebalan, efektifitas ketebalan media filter terjadi pada ketebalan 690 mm. Hal ini menunjukkan bahwa variasi ketebalan media filter untuk saringan *single medium* cukup memberikan pengaruh dalam menurunkan kandungan zat besi. Untuk mengetahui efektifitas suatu media filter terutama untuk saringan *single medium* maka harus dilakukan pencucian pada saat terjadi *clogging*.

Dalam penelitian ini, faktor-faktor yang diduga sangat mempengaruhi pada saat pengambilan dan pengujian sampel adalah:

1. Durasi waktu pengujian
   Sampel air yang diperoleh setelah penyaringan tidak langsung di uji kadar besinya sehingga hal ini bisa menyebabkan terjadinya perubahan suhu air dan jika dibiarkan dalam waktu lama dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi yang bisa mempengaruhi kandungan zat besi dalam air.
2. Ketebalan media
   Penelitian ini menggunakan enam varisai ketebalan yaitu 610 mm, 630 mm, 650 mm, 670 mm, 690 mm dan 710 mm. Semakin tebal media semakin bagus hasil yang diperolah sehingga apabila dengan susunan tersebut ditambah variasi ketebalan medianya akan menurunkan kadar besi lebih baik lagi.
3. Debit aliran
   Tipe filter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tipe filter aliran cepat dengan debit 4-21 m/jam, debit yang lebih kecil dapat menurunkan kadar besi lebih banyak dikarenakan dalam debit kecil waktu kontak air dalam media lebih lama.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh nilai berat jenis (Gs) pasir kuarsa Malimpung sebesar 2,66 dan nilai keseragaman butir (Cu) sebesar 1,78. Nilai ini masih dalam rentang yang direkomendasikan oleh *American Water Works Assosiation* yakni Gs = 2,65 - 2,67 dan Cu = 1,2 - 1,8 sehingga pasir kuarsa Malimpung layak dijadikan pasir saringan. Selanjutnya dengan enam variasi ketebalan media filter menggunakan tipe saringan *single medium* memberikan pengaruh dalam menurunkan kandungan zat besi, yakni terjadi penurunan kadar zat besi (Fe) yang cukup signifikan pada ketebalan 690 mm.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Peraturan Menteri Kesehatan RI. No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Jakarta, 2010.

[2] Huisman, L., Rapid Sand Filtration, Lecture Notes, IHE Delft Netherlands, Belanda, 1994.

[3] Tjokrokusumo, Pengantar Konsep Teknologi Bersih, Yogyakarta: STTL “YLH”, 1995.

[4] Oktiawan, W., dan Krisbiantoro, Efektifitas Penurunan Fe2+ dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif, Jurnal Presipitasi, Vol. 2., No. 1, 2007.

[5] Darsono, V., dan Sutomo, T., Pengaruh Diameter dan Ketebalan Pasir dalam Saringan Pasir Lambat terhadap Penurunan Kadar Besi. Jurnal Teknologi Industri, Vol. VI, No. 4, 2002.

[6] Prayudi, R.T., Pengaruh Campuran Fly Ash dan Pasir Kuarsa sebagai Media Saringan Leachate Sampah Terhadap Waktu PERESAPAN, WARNA, Fe, Zn DAN Cu. Jurnal Permukiman, Vol. 3, No. 3, pp. 184-195, 2008.

STUDY STABILISASI MATERIAL SEDIMEN DANAU TEMPE DENGAN BOTTOM ASH SEBAGAI ALTERNATIF TANAH TIMBUNAN

Nursamiah[1)], Hasriana[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Sedimentary soils have very low bearing capacity and large settlements, so it may cause frequent damage to the construction above it. This study aims to determine the extent to which the characteristics and strength of sediment soils stabilized with bottom ash and whether the sediment soils stabilized with bottom ash can be used as a pile material. The research method, begins with sampling in the field, then carried out laboratory tests to determine the physical properties / characteristics of the sediment soil. The next test in the form of the use of added or stabilization materials and make improvements to the characteristics of the stabilization method. Stabilization is done by adding Bottom Ash to sediment soils with variations of 5%, 10% 15% and 20%. The results obtained are sedimentary soils including CH (clay which has a high plasticity) soil type based on the USCS (Unified Soil Classification System) system. The highest soil bearing capacity (CBR) is found in sediment soils which are stabilized with a bottom ash of 5%, namely CBR = 7.17%, and an increase of 24.26% of sediment soils without bottom ash. As the conclusion, sediment soils which are stabilized with a bottom ash of 5% and 10% can be used as landfill material

Keywords: Sediment, bottom ash, cbr

1. PENDAHULUAN

Danau adalah cekungan yang merupakan genangan air yang sangat luas di daratan. Danau dapat dipandang sebagai tempat penampungan (reservoir) air tawar didarat pada ketinggian tertentu diatas permukaan laut yang bersumber dari mata air, air hujan, sungai, dan glitser. Di dalam air danau, terdapat endapan berbagai sedimen yang berasal dari aliran-aliran sungai yang bermuara ke danau, hal ini dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan pada danau tersebut. Sedimen yang dibawa oleh aliran-aliran sungai akan mengendap di suatu tempat yang kecepatan alirannya sudah mulai melambat atau berhenti.

Pendangkalan danau Tempe merupakan permasalahan ekologis, setidaknya ada dua penyebab yaitu sedimentasi dan pencemaran. Total sedimen yang masuk Danau Tempe adalah yang keluar melalui S. Cenranae adalah sisa mengendap di dasar danau sebesar 518.609 juta m^3 terjadi pendangkalan danau setinggi 0,37 cm per tahun. Sedimentasi 0,37 cm per tahun menyebabkan dampak negatif bagi sumberdaya perikanan Danau Tempe. Danau Tempe menjadi lebih dangkal dan volume air berkurang sehingga ruang perairan untuk habitat ikan juga berkurang [1] permasalahan ekologis, setidaknya total sedimenyang masuk ke Danau Tempe adalah 1.069.099 juta m3, melalui Sungai Cenranae adalah 550.490 juta m^3. Dengan demikian sisa sedimen yang mengendap didasar danau sebesar 518.609 juta m3, cm per tahun, menyebabkan pendangkalan yang menimbulkan dampak negatif bagi sumberdaya perikanan Danau Tempe. Danau Tempe menjadi lebih dangkal dan volume air berkurang sehingga ruang perairan untuk habitat ikan semakin sempit. [1]

Berdasarkan uraian tersebut diatas yaitu akan terjadinya penumpukan material sedimen disekitar danau yang berpengaruh terhadap fungsi danau itu sendiri, maka sebagai alternatif pemecahan masalah adalah diantisipasi dengan melakukan pengerukan. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa hasil pengerukan material sedimen yang telah diolah dan di analisis memberikan nilai yang sangat menguntungkan dari aspek ekonomis dan lingkungan yang berkelanjutan sebagai alternatif penumpukan material sedimentasi.

Studi sebelumnya telah banyak dilakukan untuk Stabilisasi antara lain: [2] telah melakukan penelitian stabilisasi tanah pengerukan dengan semen pada dermaga di Oklahoma. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan, kekakuan, dan daya tahan dengan variasi bahan stabilisasi.

Sedangkan [3] telah melakukan penelitian stabilisasi semen untuk meningkatkan sifat teknis agregat dasar,serta kinerja perkerasan secara keseluruhan. Teknik stabilisasi ini dianggap sebagai alternatif yang menarik dalam aplikasi perkerasan karena biaya rendah dan ramah lingkungan

[1] Korespondensi penulis: Nursamiah, Telp 085394188491, nur_samiah@poliupg.ac.id

[4] melakukan penelitian dengan memanfaatkan Ariake Clay (Sea Ariake Japan) dengan stabilisasi semen dan kapur digunakan untuk perbaikan tanah liat lunak dan tanah organik. Hasilnya, peningkatan berbeda antara jenis pencampuran. pada dasarnya semen dan kapur membuat stabilisasi tanah liat dengan reaksi hidrasi, tapi proses reaksi kimia mereka berbeda satu sama lain.

Stabilisasi tanah pengerukan memperlihatkan peningkatan kinerja kekuatan geser untuk semua campuran dibandingkan dengan bahan lain seperti pasir dan kerikil [5]

Dalam penelitian stabilisasi tanah memberikan hal baru untuk perbaikan perkerasan, dan umumnya lebih baik untuk rekonstruksi karena relatif murah dan menggunakan kembali bahan yang ada, atau ramah lingkungan. Dikatakan bahwa teknologi ini baik dan dapat digunakan untuk mengembangkan stabilisasi subbase atau base atau keduanya [6]

Bahan granular yang distabilisasi dengan bahan pengikat semen, baik selama pembuatan jalan baru atau rehabilitasi perkerasan jalan lama, meningkatkan karakteristik kekuatan, kekakuan dan kinerja jangka panjang akibat beban lalu lintas [7]

Berdasarkan hasil penelitian tersebut diatas memberi inspirasi tim peneliti untuk melakukan penelitian dengan studi kasus penumpukan material sedimen pada Danau Tempe, yang memiliki jutaan kubik sedimen. Rencana arah penelitian ini setelah kegiatan selesai, menjadi rekomendasi untuk pemerintah dan masyarakat sekitarnya agar dapat memanfaatkan material sedimen stabilisasi bottom ash untuk digunakan pada berbagai utilitas, sekaligus mengoptimalkan fungsi danau kembali ke rencana semula.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini di awali dengan melakukan survey di lapangan dan kajian literatur untuk pengambilan sampel dilapangan, dalam hal ini pengambilan sampel tanah sedimen hasil pengerukan danau tempe. Kemudian melakukan uji laboratorium mekanika tanah, dalam hal ini menentukan sifat fisik/ karakteristik dari tanah sedimen tersebut. Hasil pengujian ini menjadi dasar pertimbangan untuk melanjutkan pengujian berikutnya berupa penggunaan bahan tambah atau stabilisasi dan melakukan perbaikan karakteristik dengan metode stabilisasi. Perbaikan tanah dengan metode stabilisasi ini menggunakan bahan tambah yaitu Bottom Ash. Metode stabilisasi tanah sedimen dengan menggunakan bottom ash dengan empat variasi campuran yaitu 5%, 10%, 15%, 20%. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis, dalam hal ini melakukan uji pemadatan, uji *CBR (*California Bearing Ratio), dan uji kuat tekan bebas *(UCS).*

Hasil pengujian selanjutnya dilakukan analisis data untuk mengetahui kapasitas atau perilaku kekuatan tanah sedimen Danau Tempe akibat penambahan persentase Bottom Ash. Hasil pengujian ini untuk mengetahui kapasitas dan potensi utilitas bahan timbunan stabilisasi Bottom Ash. Pelaksanaan pengujian dilaksanakan di laboratorium Pengujian Tanah dengan mengacu pada standar-standar pengujian AASHTO, ASTM dan SNI

Tabel 1. Standar yang digunakan dalam pengujian

No.	Jenis Metode Pengujian	No. Standar		
		AASTHO	ASTM	SNI 03 - 1989 - 2000
1	Kadar Air	T - 265 - 79	D – 2216	SNI 03 - 1965 - 1990
2	Batas - batas Atterberg			
	- Batas Plastis (PL)	T - 90 – 74	D - 424 – 74	SNI 03 - 1966 - 1990
	- Batas cair (LL)	T - 89 – 74	D - 423 – 66	SNI 03 - 1967 - 1990
3	Berat Jenis Tanah	T – 265	D – 162	SNI 03 - 1964 - 1990
4	Berat Isi / Volume		D-2216-98	SNI 03 – 3637 - 1994
5	Analisa Saringan	T – 88	D – 422	SNI 03 - 1968 - 1990
6	Pemadatan		D-698 & D-1557	SNI 03 - 1743 - 1989
7	CBR		D-1883	SNI 03 – 1744 -1989
8	Kuat Tekan Bebas (UCS)	T - 208 - 70	D - 633 - 1994	SNI 03 - 6887 - 2002

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Propertis

Berikut adalah data-data hasil pengujian propertis yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Pengujian Propertis tanah Sedimen

No.	Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air tanah sedimen	87.109	%
2	Berat Isi tanah sedimen	1.658	gr/cm^3
3	Berat Jenis tanah sedimen	2.393	-
4	Analisa Saringan Tanah sedimen lolos no.200	59.782	%

Pengujian kadar air tanah sedimen, dilakukan pada kondisi tanah asli, dimana nilai kadar air yang diperoleh sebesar 87.109% dan memiliki berat isi sebesar 1,658 gr/cm^3 tanpa pencampuran bottom ash. Untuk nilai berat Jenis pada tanah sedimen yang diuji memiliki berat jenis sebesar 2,393. Untuk pengujian analisa saringan dengan cara basah diperoleh persen lolos saringan no. 200 atau pada ukuran 0,075 mm sebesar 59.782%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Propertis Bottom Ash

No.	Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air bottom ash	0.268	%
2	Berat Isi bottom ash	1.718	gr/cm^3
3	Berat Jenis bottom ash	2.658	-
4	Analisa saringan bottom ash lolos No.200	2.338	%

Dari hasil pengujian propertis pada tabel 3., didapatkan nilai Kadar Air *bottom Ash* sebesar 0.268% dimana *Bottom Ash* tersebut dapat dikatakan kering karena nilai kadar airnya kurang dari 20%, berat jenis sebesar 2.658, berat isi sebesar 1.718 gr/cm^3 dan terakhir pengujian Analisa saringan didapatkan persentase yang lolos saringan No. 200 sebesar 2.338% .

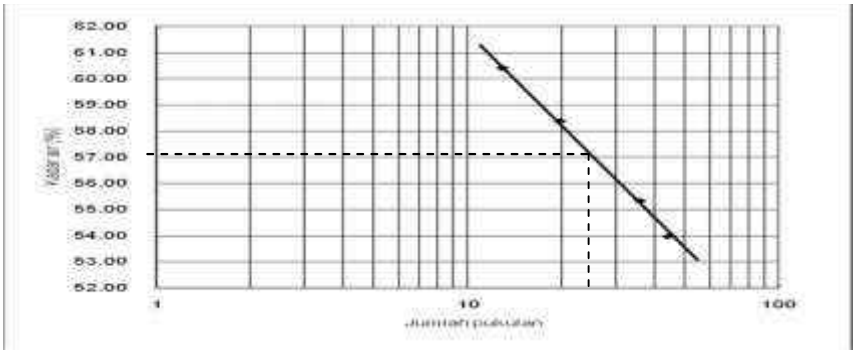
2 . Pengujian Sifat-sifat Mekanis

a. Batas – Batas Atterberg

Setelah melakukan pengujian batas – batas Atterberg di laboratorium, maka diperoleh data seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Batas – Batas Atterberg

Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
Batas Cair	57.10	%
Batas Plastis	31.10	%
Indeks Plastis	26.00	%



Gambar 1. Batas cair (Liquid Limit)

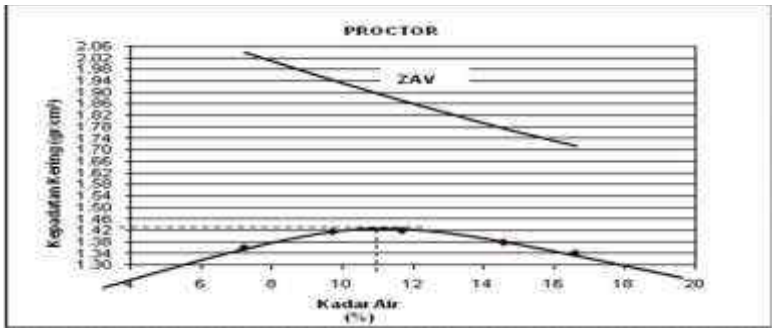
Pada tabel. 4 menunjukkan bahwa nilai batas cair (LL) sebesar 57.10%, nilai batas plastis (PL) sebesar 31.10% dan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 26.00 %. Dengan hasil Pengujian batas-batas Atterberg dan analisa saringan, dilakukan klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification system)*, diperoleh jenis tanah sedimen tersebut adala CH (lempung dengan nilai plastisitas tinggi).

b. Kuat Geser Langsung

Setelah dilakukan pengujian kuat geser langsung untuk tanah sedimen, tidak ada nilai geseran, karena tanah sedimen tersebut sangat lunak.

c. Pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan untuk memperoleh nilai kadar air optimum dan nilai kepadatan kering maksimum. Gambar 2. di bawah ini adalah grafik pemadatan tanah sedimen



Gambar 2**.** Grafik Pemadatan laboratorium tanah sedimen

Dari hasil pengujian pemadatan diperoleh kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 11% dan nilai kepadatan kering sebesar (γ_d) sebesar 1.435 gram/cm^3.

d. CBR Lab.

Pengujian CBR dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dalam keadaan padat maksimum. Adapun hasil pengujian dari CBR yang diperoleh seperti pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian CBR Lab.

No.	Variasi	Nilai CBR (%)
1	Tanah Sedimen 100% + Bottom Ash 0%	5.77
2	Tanah Sedimen 95% + Bottom Ash 5%	7.17
3	Tanah Sedimen 90% + Bottom Ash 10%	6.03
4	Tanah Sedimen 85% + Bottom Ash 15%	5.97
5	Tanah Sedimen 80% + Bottom Ash 20%	5.73

Pada tabel 5 Untuk sampel tanah sedimen tanpa *Bottom Ash*, diperoleh nilai CBRnya sebesar 5.77%, sedangkan yang menggunakan *Bottom Ash* 5% (7.17%), *Bottom Ash* 10% (6.03%), *Bottom Ash* 15% (5.97%), dan *Bottom Ash* 20% (5.73%). Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan daya dukung tanah. Dan nilai CBR (daya dukung) tanah yang terbesar yaitu berada pada stabilisasi abottom ash sebesar 5%.

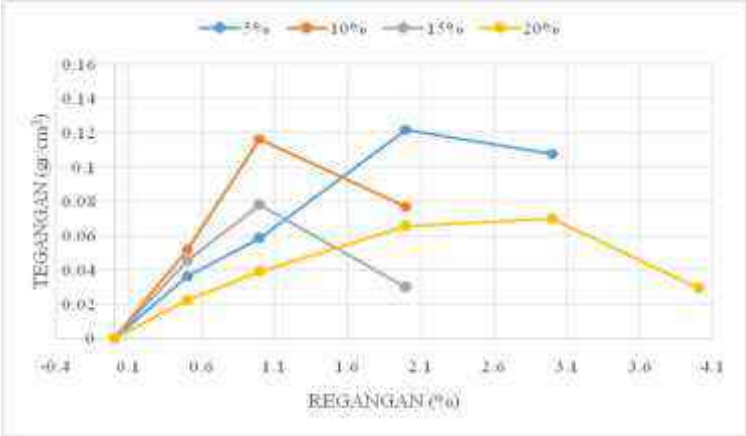
Tabel 6. Peningkatan / penurunan nilai CBR Rendam

Variasi	Nilai CBR (%)	Peningkatan Nilai CBR variasi bottom ash terhadap nilai CBR Tanah sedimen tanpa variasi bottom ash (%)
Tanah Sedimen 100% + Bottom Ash 0%	5.77	-
Tanah Sedimen 95% + Bottom Ash 5%	7.17	24.26
Tanah Sedimen 90% + Bottom Ash 10%	6.03	4.51
Tanah Sedimen 85% + Bottom Ash 15%	5.97	3.47
Tanah Sedimen 80% + Bottom Ash 20%	5.73	-0.69

Tabel 6. di atas memperlihatkan hasil dari pada peningkatan/penurunan nilai CBR tanah sedimen dengan variasi bottom ash terhadap nilai CBR tanah sedimen tanpa bottom ash. Nilai/angka maksium tersebut berada pada variasi *bottom ash* 5%, nilai peningkatannya sebesar 24.26 %.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Uraian	Hasil	Satuan
Tanah Sedimen 100% + Bottom Ash 0%	-	kg/cm
Tanah Sedimen 95% + Bottom Ash 5%	0.122	kg/cm
Tanah Sedimen 90% + Bottom Ash 10%	0.116	kg/cm
Tanah Sedimen 85% + Bottom Ash 15%	0.078	kg/cm
Tanah Sedimen 80% + Bottom Ash 20%	0.070	kg/cm



Gambar 3. Grafik Gabungan Kuat Tekan yang menggunakan bottom ash 5%,10%,15%dan 20%

Dari data yang telah diperoleh dapat dilihat bahwa kuat tekan maksimum terdapat pada variasi *bottom ash* 5% sebesar 0.122 kg/cm^2.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil klasifikasi *USCS* (Unified Soil Classification System) jenis tanah sedimen danau tempe termasuk Jenis tanah CH (*Clay High*) atau lempung yang memiliki nilai plastisitas yang tinggi. Nilai karakteristik tanah sedimen danau tempe terdiri atas kadar air sebesar 87.109%, berat isi sebesar 1,658 gr/cm^3, berat jenis sebesar 2,393 dan persen lolos saringan no. 200 sebesar 59.782%.
2. Setelah dilakukan stabilisasi dengan *bottom ash* maka didapatkan nilai CBR tertinggi pada variasi *bottom ash* 5% sebesar 7.17% di mana telah masuk pada spesifikasi minimal 6% untuk dijadikan material tanah timbunan. sesuai dengan SNI 03-1744-1989/ASTM D 1883.
3. Tanah sedimen danau tempe dapat digunakan sebagai tanah timbunan biasa setelah distabilisasi dengan *bottom ash 5%.dan 10%.*

DAFTAR PUSTAKA

[1] (http://laketempe.wordpress.com/environmental, 15 oktober 2019

[2] Solanki, P., Khoury, N., Zaman, M.M. 2009. *Engineering Properties and Moisture Susceptibility of Silty Clay Stabilized with Lime, Class c Fly Ash, and Cement Kiln Dust. J.Mater.Civ.Eng.*, 21(12), 749-757

[3] Naji,N. Khoury, and Robert Brooks. 2010. *Performance of a Stabilized Aggregate Base Subject to Different Durability Procedures. J.Mater.Civ.Eng.*,22(5), 506-514

[4] Inoue,H., Kidera,S., Miura,N., 2004. *Mechanical and Chemical Analyses of Improvement Effect on Stabilized Ariake Clay by Cement and Quick Lime*. Proc. International Symposium on Lowland Technology

[5] Grubb, D. G., Chrysochoou, M., Smith, C. J., and Malasavage, N. E. 2010. *Stablized Dredged Material I: A parametric study*. *J. Geotech.Geoenviron. Eng.*, 136(8), 1011–1024

[7] Gnanendran C., T., and Jegatheesan P.,2010., *Determination of Fatigue Life of a Granular Base MaterialLightly Stabilized with Slag Lime from Indirect DiametralTensile Testing*., *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 136, No. 8, August 1, 736–745.

[8] Nursamiah. Hasriana. 2016. *Pengaruh Tanah Lunak Yang Dis*tabilisasi *Dengan Semen Masterflow 810 Terhadap Daya Dukung Tanah*. Volume 2, ISBN. 978-602-60766-0-1, 46 – 57

[9] Soedarmo dan Purnomo. 1997. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*. Volume 6, Nomor 1, Januari 2006 : 16 – 24.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada yang telah membantu dalam penelitian ini, terkhusus kepada pihak dikti yang telah memberikan pendanaan melalui DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

ANALISIS PERILAKU PENGENDARA SEPEDA MOTOR PADA PENERAPAN SISTEM TILANG ELEKTRONIK DI KOTA MAKASSAR

Sarif[1], Ahmad Azis[2], Triafilia Aminuddin[3] and Gabriel LSB Pakan[3]
[1] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[2] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*
[3] *Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

E-ticketing system is a new method in monitoring the observance of road traffic users especially motor vehicles. This system helps the police in monitoring traffic environment at every point that is prone to congestion. In monitoring this condition, cameras are installed at every intersection (traffic light) that has a potential for traffic congestion. This study aims to determine the level of observance or behaviour of motorcycle rider traffic. Researchers used the method of data collection by conducting direct surveys in the field as primary data and collecting data from each source as secondary data. The data processing method uses SPSS to determine the behaviour model and VISSIM application to find out the simulation of transportation user behaviour. The results of this study indicate that the most significant factors influencing motorists' behaviour towards the application of the e-ticketing system are driver knowledge, road equipment, and how to obtain a driving license.

Keywords: *Travel behavior; SPSS; VISSIM; Discrete choice model*

1. PENDAHULUAN

Transportasi adalah proses berpindahnya orang atau barang dari daerah asal (origin) ke daerah tujuan (destination). Manusia melakukan aktifitas dari daerah asal ke daerah tujuan dalam rangka memenuhi kebutuhannya seperti makan, minum belanja, bisnis. Adapun yang maksud daerah asal (orogin) menuju daerah tujuan (destination) misalnya dari lokasi tempat tinggal (rumah) menuju ke kantor untuk bekerja, ke mall untuk berbelanja atau makan bersama keluarga. Volume kendaraan yang semakin meningkat di jalan raya akan mengakibatkan suatu dampak lalu lintas yang merugikan apabila tidak diatur dengan baik (manage) seperti kecelakaan, kemacetan dan perilaku berkendara yang akan menyebabkan ketidaknyamanan berlalu lintas.

Kota Makassar sebagai salah satu kota Metropolitan juga mempunyai masalah besar akibat meningkatnya volume kendaraan bermotor sehingga memerlukan kajian yang detail dan berkelanjutan. Studi tentang tentang rakayasa lalu lintas, keselamatan bertransportasi, perilaku pengendara dilakukan untuk menciptakan suatu iklim bertransportasi yang aman, nyaman, bebas polusi (udara, suara). Studi ini dilakukan untuk memberi suatu kajian ilmiah kepada para pengambil dan penentu kebijakan dalam memberikan suasana bertransportasi yang aman dan nyaman. Salah satu kebijakan baru pemerintah dalam mengatur sistem berlalu lintas adalah pengimplementasian/penerapan sistem Tilang Elektronik (Electronic Traffic Law Enforcement).

Elektronik Tilang (E-tilang) adalah digitalisasi proses tilang, dengan memanfaatkan teknologi. Dengan penerapan system E-Tilang ini diharapkan seluruh proses tilang akan lebih efisien dan efektif, juga membantu pihak kepolisian dalam meningkatkan ketaatan berlalu lintas dan mengurangi kecelakaan serta pelanggaran lalu lintas. Berbagai faktor yang mempengaruhi tingkat kecelakaan berlalu lintas, diantara faktor yang dominan adalah perilaku saat berkendara dan tingkat kesadaran terhadap peraturan berlalu lintas sangat kurang. Karena factor tersebut sehingga Pemerintah Republik Indonesia (kepolisian) menerapkan sistem E-tilang. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan ketaatan berlalu lintas dan mengurangi tingkat kecelakaan serta pelanggaran lalu lintas para pengguna kendaraan bermotor. Proses tilang ini dibantu dengan pemasangan kamera CCTV (Closed Circuit Television) di setiap simpang (lampu merah) untuk memantau keadaan jalan.

Beberapa penelitian yang relevan telah dilakukan dengan tema riset ini diantaranya terdapat didalam penelitian studi perilaku pengendara sepeda motor di Kota Makassar. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa meningkatnya jumlah pengguna sepeda motor di Kota Makassar menjadikan pengguna sepeda motor sebagai penyumbang kecelakaan terbesar. Hal tersebut disebabkan oleh perilaku saat berkendara dan tingkat kesadaran terhadap peraturan berlalu lintas yang sangat kurang sebagai faktor dominan (Guntur 2015) [1]. Penelitian lainnya juga telah dilakukan di Kota Kediri dengan judul "Inovasi Program Elektronik Tilang (E-Tilang) dalam meningkatkan Pelayanan Publik di Kepolisian Resort Kediri [2]. Penelitian ini menemukan

[1] Korespondensi penulis: Sarif, 0811412147, sarif09@poliupg.ac.id

hasil bahwa dalam proses penegakan hukum yang dilakukan oleh polisi lalu lintas masih banyak memunculkan keluhan yang dirasakan oleh masyarakat terkait dengan proses tilang. Selain itu didalam artikel perspektif penerapan Elektronik Tilang (E-Tilang) dengan menggunakan rekaman CCTV (closed circuit television) dengan mengambil studi kasus wilayah bandar lampung menyatakan bahwa E-tilang adalah bahwa E-tilang adalah digitalisasi proses tilang dengan memanfaatkan teknologi, diharapkan seluruh proses tilang akan lebih efisien dan efektif juga membantu pihak kepolisian dalam manajemen administrasi [3].

Urgensi penelitian ini diharapkan menjadi suatu data dan informasi bagi pemerintah dalam membuat dan mengambil suatu kebijakan dalam merencanakan suatu konsep perencanaan sistem transportasi Kota Makassar yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Selain itu diharapkan akan memberikan konstribusi kepada masyarakat tentang perilaku berlalu lintas yang baik dan dalam dunia akademik dengan adanya analisis perencanaan transportasi yang konfehensif dan berkelanjutan serta ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengumpulan data dan prosedur

Pengumpulan data kuisioner (survei) dilakukan di beberapa titik simpang yang diambil secara acak pada setiap pengendara di Kota Makassar. Data yang dikumpul langsung dilapangan merupakan data primer sedangkan data yang diperoleh dari instansi terkait merupakan data sekunder. Studi ini menfokuskan pengambilan data untuk kendaraan bermotor roda dua. Kuisioner ini terdiri dari 20 pertanyaan yang merepresentasikan model yang akan dianalisis seperti data personal pengendara (umur, jenis kelamin, tingkat Pendidikan), dan pertanyaan khusus yang berkaitan dengan sistem E-Tilang serta kelengkapan kendaraan. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan model statistik. Dalam mengumpulkan data kuisioner, responden diminta untuk mengisi beberapa pertanyaan. Adapun ilustrasi pertanyaan sebagai berikut.

a) Pertanyaan-pertanyaan dalam kuisioner seputar E-Tilang seperti apakah pengendara mengetahui aturan-aturan berlalu lintas. Apakah setiap jalan sudah dilengkapi pelengkap jalan. Apakah anda pernah berkendara dalam keadaan emosi. Apakah anda pernah ditilang atau tidak trip.
b) Karakteristik demografis dan sosial ekonomi juga menjadi bagian pertanyaan dalam kuisioner seperti jenis kelamin, umur, surat izin mengendara, penghasilan bulanan, pekerjaan, dan kode pos tempat tinggal.

2.2. Lokasi dan waktu penelitian

Lokasi studi untuk pembagian kuesioner dilakukan di 5 titik lokasi yaitu Simpang 4 Daya, Jl. Ratulangi – Jl. Haji Bau, Jl. Veteran - Jl. Bawakaraeng, Jl. Latimojong - Jl. S. Saddang, Jl. Mesjid Raya – Jl. Bandang. Lokasi survey (titik) dipilih berdasarkan hasil survey awal yang dilakukan dan informasi dari pihak kepolisian bahwa lokasi tersebut sangat rawan terhadap kemacetan Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan sejak bulan Februari sampai dengan bulan Juli (6 bulan).

2.3. Analisis data

Data kuisioner yang diperoleh langsung dari lapangan kemudian diolah menggunakan analisa statistik SPSS versi 20 (*Statistical Package for the Social Sciences)*. Analisis statistic ini digunakan untuk menguji kualitas data seperti Uji Validitas, Reliabilitas dan Uji Normalitas [4]. Hasil analisis ini akan merumuskan suatu model regresi linear berganda.

2.4. Uji Persamaan Regresi Linear Berganda

Pengujian hipotesis ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi linear berganda yang bertujuan untuk menguji hubungan pengaruh antara satu variabel terhadap variabel yang lain. Variabel yang dipengaruhi disebut variabel dependen (variabel terikat), sedangkan variabel yang mempengaruhi disebut variabel independen (variabel bebas). Dengan tingkat signifikasi 95% maka kriteria pengujian adalah sebagai berikut:

a. Jika nilai t hitung > t tabel, Ho ditolak dan Ha diterima. Hal ini berarti bahwa ada hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.
b. Jika nilai t hitung < t tabel, Ho diterima dan Ha ditolak. Hal ini berarti bahwa tidak ada hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen.

Untuk menguji hipotesis tersebut, maka rumus persamaan regresi yang digunakan adalah sebagai berikut [5]:

$$Y = c + a1.X1 + b2.X2 + c3.X3 + d4X4 + e5.X5 + f6.X6 + \ldots x.Xn \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots..(1)$$

Dimana, Y = perilaku pengendara, c = Konstanta, X1 = pengetahuan pengendara, X2 = kelengkapan jalan, X3 = kelengkapan kendaraan, X4 = kondisi pesikologis pengemudi, X5 = cara memperoleh sim, dan X6 = latar belakang pengendara

2.5. Penentuan sampel (data kuisioner)

Sampel merupakan suatu unsur penting dalam suatu penelitian. Ia adalah representase dari total populasi yang ada di lokasi penelitian. Untuk menentukan jumlah kuesioner yang akan digunakan dalam penelitian ini, kami menggunakan teknik penarikan sampel dengan cara perhitungan sistematis (Slovin, 2010). Kriteria sampel untuk penelitian ini adalah responden yang mengendarai sepeda motor.

Persamaan matematis yang digunakan pada rumus (Slovin, 2010) adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1} \qquad \text{……(2)}$$

dengan :

N = ukuran populasi (Jumlah kendaraan di Kota Makassar)
= 1.563.608
d = galat pendugaan (dipakai kepercayaan 90% dengan error 10%)
n = $\frac{1563608}{\left(1563608\ (0{,}1)^2 + 1\right)}$
= 99,99 ≈ 100 sampel (Jumlah yang diambil di lapangan sebanyak 150 Kuesioner)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Hipotesis (Perilaku Pengendara Sepeda Motor)

Pengujian hipotesis digunakan untuk melihat hubungan saling ketergantungan antara variable dependen Y dan variabel independent X, yaitu pengetahuan pengendara (X1), perlengkapan jalan (X2), kelengkapan kendaraan (X3), kondisi psikologis pengendara (X4), cara memperoleh sim (X5) latar belakang pengendara (X6) secara signifikan terhadap Perilaku Pengendara (Y). Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji regresi Uji regresi linear berganda.

Tabel 3.1. Hasil Uji regresi linear berganda (SPSS versi 20).

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std Error	Beta		
(Constant)	0.742	0.276		2.690	0.008
X1	0.109	0.044	0.193	2.488	0.014
X2	0.440	0.069	0.482	6.369	0.000
X3	-0.021	0.022	-0.063	-0.948	0.345
X4	-0.003	0.024	-0.005	-0.106	0.916
X5	0.476	0.063	0.318	7.540	0.000
X6	0.026	0.023	0.067	1.129	0.261

Sumber: Olah data Primer

Dari tabel 3.1. diperoleh suatu model persamaan regresi linear sebagai berikut:

Y = 0.742 + 0.109X1 + 0.440X2 - 0.021X3 - 0.003X4 + 0.476X5 + 0.026X6

Dimana, Y : perilaku pengendara, a : Konstanta (Nilai Y bila X = 0), b : Koefisien Regresi (menunjukkan angka peningkatan atau variabel dependen yang didasarkan pada hubungan dengan nilai variabel bebas), pengetahuan pengendara (X1), kelengkapan jalan (X2), kelengkapan kendaraan (X3), kondisi pesikologis pengemudi (X4) cara memperoleh sim (X5) dan latar belakang pengendara (X6).

Berdasarkan model yang telah diperoleh diatas, terlihat bahwa variabel yang paling signifikan mempengaruhi perilaku pengendara pengetahuan pengendara, perlengkapan jalan dan cara memperoleh SIM. Hal tersebut disebabkan karena ketiga variable tersebut memiliki nilai signifikansi yang melebihi 95% tingkat signifikan yaitu 1.96.

1. Pengaruh Pengetahuan Pengendara terhadap Perilaku Pengendara

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa pengetahuan pengendara mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap sistem e-tilang. Dapat dilihat dari Uji Statistik-t pada tabel 4.1, dengan t tertinggi yaitu sebesar 2.488 nilai beta 0.193. Hal ini dapat diartikan bahwa pengetahuan pengendara merupakan variabel yang mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap adanya sistem e-tilang, semakin kurang pengetahuan pengendara maka semakin tidak patuh perilaku pengendara terhadap adanya sistem e-tilang.

2. Pengaruh Perlengkapan Jalan terhadap Perilaku Pengendara

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa kelengkapan jalan mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap system E-tilang. Dapat dilihat dari Uji Statistik-t pada tabel 4.1, dengan t tertinggi yaitu sebesar 6.369 nilai beta 0.482. Hal ini dapat diartikan bahwa kelengkapan jalan merupakan variabel yang mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap adanya sistem e-tilang, semakin tidak lengkap perlengkapan jalan maka semakin tidak patuh perilaku pengendara terhadap adanya sistem e-tilang.

3. Pengaruh Cara Memperoleh SIM terhadap Perilaku Pengendara

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa cara memperoleh SIM mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap system E-tilang. Dapat dilihat dari Uji Statistik-t pada tabel 4.12, dengan t tertinggi yaitu sebesar 7.546 nilai beta 0.318. Hal ini dapat diartikan bahwa cara memperoleh SIM merupakan variabel yang mempengaruhi prilaku pengendara sepeda motor terhadap sistem e-tilang, semakin mudah seseorang memperoleh SIM maka semakin tidak patuh perilaku pengendara terhadap adanya sistem e-tilang

4. KESIMPULAN

1. Model persamaan dari pengujian regresi linier berganda sebagai berikut :
   $Y = 0.742 + 0.109X1 + 0.440X2 - 0.021X3 - 0.003X4 + 0.476X5 + 0.026X6$
2. Berdasarkan hasil dari uji t yang mempengaruhi perilaku pengendara sepeda motor terhadap adanya sistem e-tilang adalah variable pengetahuan pengendara, perlengkapan jalan, dan cara memeperoleh SIM.
3. Ketaatan pengendara terhadap aturan lalu lintas yang berlaku didasari oleh variabel pengetahuan pengendara, perlengkapan jalan, dan cara memperoleh SIM. Pengetahuan pengendara dituntut untuk mengetahui dan memahami tentang aturan lalu litas dan perangkat – perangkat pendukung penerapan aturan lalu lintas seperti rambu – rambu lalu lintas, garis marka jalan, dan CCTV sebagai alat pendukung penerapan sistem E-tilang. Perlengkapan jalan harus dilengkapi dengan prasarana jalan sebagaimana tercantum dalam Pasal 8 ayat 1 Undang-Undang nomor 14 tahun 1992 sehingga menciptakan kondisi jalan yang ideal, dan memenuhi standar penerapan sistem E-Tilang. Dan pada variabel cara memporoleh SIM, setiap pemohon kendaraan bermotor diwajibkan telah memiliki SIM yang dapat diperoleh baik melalui lembaga pendidikan dan pelatihan mengemudi maupun tidak melalui lembaga pendidikan dan pelatihan mengemudi yang berarti pemohon telah melalui proses pelatihan keterampilan sebelum dilanjutkan proses pengujian keterampilannya untuk mendapatkan SIM.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Guntur, “Studi Perilaku Pengendara Sepeda Motor Di Kota Makassar,” Makassar, 2015.

[2] S. F. d. P. Indah, “Inovasi Program Elektronik Tilang (E-Tilang) Dalam Meningkatkan Pelayanan Publik Di Kepolisian Resort (Polres) Kediri.,” Surabaya, 2017.

[3] I. M. Yudi, “Perspektif Penerapan E-Tilang Dengan Menggunakan Rekaman CCTV (Clossed Circuit Television) (Studi Kasus di Wilayah Bandar Lampung),” no. 2018, 2018..

[4] D. Gujarati, Econometrics by Example, USA: McGraw-Hill, 2012.

[5] B. M. Akiva, Discrete Choice Analysis; Theory and Application to Travel Demand, Boston, Amerika Serikat: MIT Press, 1984.

[6] H. Nurul, “Perbedaan e-Tilang dan ETLE yang Akan Diterapkan di Jakarta.,” Kumparan News, Jakarta, 2018.

[7] P. E. Bambang, “Faktor Penyebab Pelanggaran Lalu Lintas oleh Pengendara Sepeda Motor di Kota Kuningan,” Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2012.

[8] S. d. V. Astri, “Implementasi Pelayanan Publik dalam Pengurusan Electronic Tilang (E-Tilang) di Satuan Polisi Lalu Lintas (Satlantas) Kepolisian Resor Kota Besar Medan,” Universitas Sumatra Utara, Medan, 2018.

[9] N. Fitria, "Penerapan Sistem E-Tilang Bagi Pelanggar Lalu Lintas Menurut Hukum Positif Dan Hukum Islam (Studi Kasus Pelanggar di Kabupaten Tulungagung). Skripsi. Tulungagung: IAIN Tulungagung," 2018.

6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang melalui pendanaan biaya rutin tahun 2018. Kami mengucapkan terima kasih kepada institusi politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai donator, terima kasih pula kepada team yang telah membantu terlaksanya kegiatan penelitian ini.

PEMANFAATAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI ABU BATU PADA LAPIS ASPAL BETON

Andi Batari Angka[1)], Syahlendra[2)]
[1,2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Waste is a material that is wasted or discarded from a source of activity or natural processes, and does not or does not have economic value yet, for example construction waste especially floor ceramic waste. In this study, the waste was used as a substitute for stone ash for concrete asphalt layer (AC-BC). The aim of this study was to determine the largest percentage of ceramic waste that could replace stone ash material to produce AC-BC layers that still met specifications based on the Marshall test. In this study stone ash substitution experiment with ceramic waste of 0, 25, 50, 75, and 100% has done. The results of the study showed that the Optimum Asphalt Levels of the mixture was 5.29%. The results of the Marshall test on the optimum asphalt content of the five types of mixtures, produced Marshall parameters that all almost met the specifications. The stability value has decreased to 25% levels, then increased to 50% levels and decreased to 100% levels. Ceramic level that met the requirements according to specifications was up to 80.4%. The ideal ceramic waste stone ash used in concrete asphalt layer (AC-BC) was limited until a percentage of 58%.

Keywords: Ceramic Waste, Ceramic Stone Ash, AC-BC layer, Marshall Test, Optimum Asphalt Levels

1. PENDAHULUAN

Aspal beton merupakan campuran antara agregat bergradasi rapat dan aspal dengan perbandingan tertentu. Pada pembuatan campuran beton aspal tersebut agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) serta aspal sebagai bahan ikat, dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Aspal beton merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lau lintas ke tanah dasar. Kualitas campuran beton aspal sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat sebagai bahan penyusun dan aspal sebagai pengikat. Ketersediaan bahan lapis keras yang mencukupi dan memenuhi spesifikasi dituntut mutlak keberadaannya dalam pembangunan prasarana jalan yang berkelanjutan.

Limbah merupakan bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber aktivitas atau proses alam, dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, salah satu contoh jenis limbah yaitu limbah konstruksi. Beberapa jenis material konstruksi yang rusak dan sudah tidak dapat digunakan kembali akan menjadi limbah konstruksi. Salah satunya adalah keramik, baik keramik lantai maupun genteng. Dengan Menggunakan limbah keramik lantai sebagai agregat halus (abu batu) bisa menjadi alternatif lain sebagai material pengganti dan dapat mengurangi jumlah penggunaan material alam serta memanfaatkan limbah sebagai bahan daur ulang.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan dan Aspal Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus (abu batu dan limbah keramik lantai) dan aspal Pen 60/70 serta *Marshall Test*

Metode pelaksanaan penelitian meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Persiapan bahan dan peralatan
   Persiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan
b. Pengujian karakteristik material
   Pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus (abu batu dan keramik) dan pengujian aspal pen 60/70.
c. Rancangan campuran
   Menghitung proporsi agregat gabungan dan menghitung kadar aspal rencana
d. Pembuatan benda uji
   Benda uji (briket) dibuat sebanyak 15 sampel (setiap kadar aspal masing-masing dibuat sebanyak 3 benda uji) berdasarkan kadar aspal rencana yang diperoleh dari perhitungan.

[1] Korespondensi Penulis: Andi Batari Angka, 085342284762, andibatariangka_batari@yahoo.co.id

e. Pengujian briket dengan alat tekan *Marshall test*
   Masing-masing benda uji di *Marshall test* untuk memperoleh kadar aspal optimum (KAO)
f. Pembuatan benda uji (briket) dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan limbah keramik
g. Pengujian benda uji (briket) dengan alat tekan *Marshall test*
h. Perhitungan parameter *Marshall*, dengan indeks kekuatan sisa.

Rancangan Campuran AC-BC dilakukan dengan urutan sebagai-berikut:

1. Perhitungan proporsi masing-masing agregat untuk memperoleh gradasi campuran dan kadar aspal rencana.
2. Pembuatan benda uji masing-masing tiga briket setiap kadar aspal, berdasarkan kadar aspal rencana yang diperoleh dari hasil perhitungan yaitu 6%
   kemudian divariasikan dengan selisih 0,5 %, dua kadar aspal dibawahnya dan dua kadar aspal diatasnya sehingga kadar aspal rencana yang digunakan yaitu, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.
3. Mengukur ketebalan briket pada tiga sisinya, kemudian timbang kering, timbang kondisi SSD, dan timbang dalam air, untuk mengetahui kepadatan, VIM, VMA, dan VFB
4. Tekan benda uji dengan alat tekan marshall untuk memperoleh nilai stabilitas dan flow.
5. Gambar grafik antara kadar aspal dengan masing-masing VIM, VMA, dan VFB, stabilitas dan flow
6. Analisis kadar aspal optimum (KAO) yang memenuhi syarat sebagai campuran AC-BC
7. Pembuatan benda uji dengan campuran menggunakan kadar aspal optimum, dan uji karakteristiknya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Campuran AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*)

a. Penentuan Proporsi Agregat Gabungan

Proporsi agregat gabungan diperoleh dengan menggunakan metode coba-coba *(Trial and Error).*
Nilai persentase agregat gabungan yang memenuhi spesifikasi adalah:

- Agregat kasar (Batu pecah 1-2) = 25%
- Agregat kasar (Batu pecah 0,5-1) = 35%
- Agregat halus (Abu batu) = 36%
- Filler = 4%

b. Penentuan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:
Pb = 0.035 (% CA) + 0.045 (% FA) + 0.18 (% FF) + Konstanta
= 5.78 ⟶ 6%
Digunakan kadar aspal rencana 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, dan 7%.

c. Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*)

Hasil pengujian *Marshall* adalah sifat campuran beraspal dan dapat diperoleh setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, dan perkiraan kadar aspal rencana telah terpenuhi. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran AC-BC

Kadar Aspal	Berat Isi	VIM	VMA	VFB	Stabilitas	Flow	Rasio Partikel
5,0	2,340	4,966	14,446	65,656	1449,76	4,80	1,201
5,5	2,356	3,738	14,300	73,861	1389,39	5,60	1,199
6,0	2,357	3,060	14,641	79,106	1418,90	6,20	1,199
6,5	2,358	2,439	15,025	83,770	970,470	5,00	1,198
7,0	2,360	1,753	15,344	88,598	945,560	25,10	1,197
Spesifikasi							
Min.	-	3,5%	14%	65%	800 kg	2 mm	0,6
Maks.	-	5,5%	-	-	-	4 mm	1,2

Sumber : Analisa Hasil Pengujian

d. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan persyaratan dalam spesifikasi umum 2018, pada campuran normal *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)
dari uji *Marshall* 2 x 75 tumbukan, maka diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,29%.

Hasil *Marshall* Benda Uji dengan Menggunakan Abu Batu Limbah Keramik Sebagai Pengganti Abu Batu dari Batu Pecah

Tabel 2. Analisa Kebutuhan Bahan Limbah keramik untuk Campuran Benda Uji Laston *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC)

Kadar Keramik	0%	25%	50%	75%	100%
Berat Sampel	1200	1200	1200	1200	1200
Aspal (%)	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
BP 1-2					
25%	300	300	300	300	300
BP 0,5-1					
35%	420	420	420	420	420
Abu Batu					
36%%	432	324	216	108	0
Abu Batu Keramik	0	108	216	324	432
Filler (Semen)					
4%	48	48	48	48	48
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil Analisis

Setelah pembuatan *bricket* dengan menggunakan bahan pengganti limbah keramik, selanjutnya dilakukan pengujian tekan *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C. Berikut adalah hasil pengujian *Marshall test* terhadap benda uji:

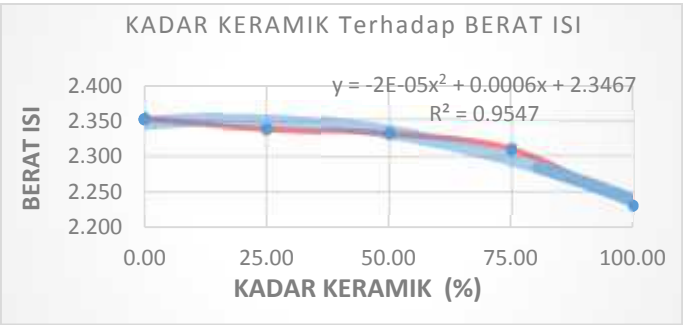
Tabel 3. Pengujian *Marshall pada Briket* Campuran *Asphalt Concrete –Binder Course* (AC-BC) dengan Menggunakan Limbah Keramik Sebagai Abu Batu.

KADAR KERAMIK	BERAT ISI	VIM	VMA	VFB	STAB	FLOW	RASIO PARTIKEL
0	2,353	3,734	14,449	74,186	1392,25	5,63	1,199
25	2,339	4,327	14,983	71,148	847,01	3,23	1,175
50	2,331	4,659	15,287	69,574	1310,44	2,90	1,149
75	2,310	5,535	16,074	65,850	1152,50	3,40	1,125
100	2,230	8,823	19,003	53,588	251,61	2,47	1,102
Spesifikasi		3% - 5%	Min.14	Min.65	Min. 800	Min. 2	0,6 – 1,2

Sumber : Hasil Analisis Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pengujian *Marshall* hasilnya digambarkan dalam grafik hubungan antara kadar Keramik dengan parameter-parameter yang telah dihitung.

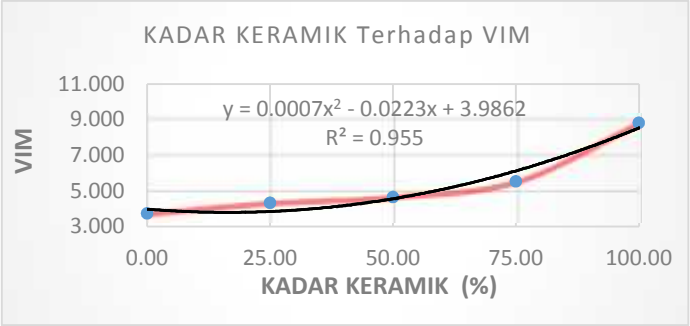
1) Hubungan antara Kadar Keramik dan Berat Isi



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Keramik dan Berat Isi

Dari gambar grafik dapat dibaca bahwa penambahan kadar keramik akan mengurangi nilai berat jenis campuran hingga rongga dalam campuran terisi oleh aspal, dengan kata lain penambahan keramik akan mengurangi berat campuran dalam volume yang sama.

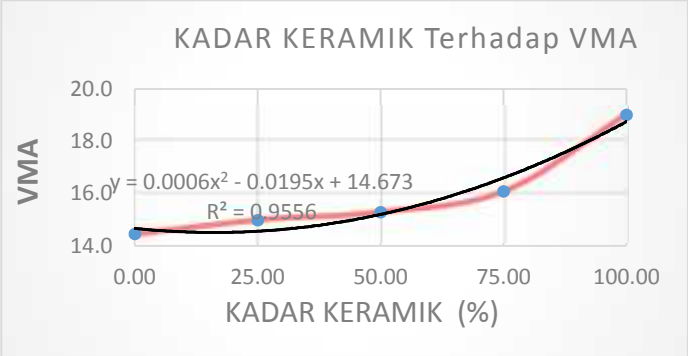
2) Hubungan antara Kadar Keramik dan VIM



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Keramik dan VIM

Pada gambar grafik di atas, nilai VIM pada campuran meningkat seiring bertambahnya kadar limbah keramik yang digunakan. Hal ini disebabkan karena limbah keramik mengandung banyak pori, sehingga seiring bertambahnya penggunaan limbah keramik maka rongga udara dalam campuran semakin besar. Nilai VIM yang disyaratkan untuk campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) dengan spesifikasi 3%-5%, jadi yang memenuhi syarat VIM yaitu pada kadar limbah keramik 0% sampai 58%.

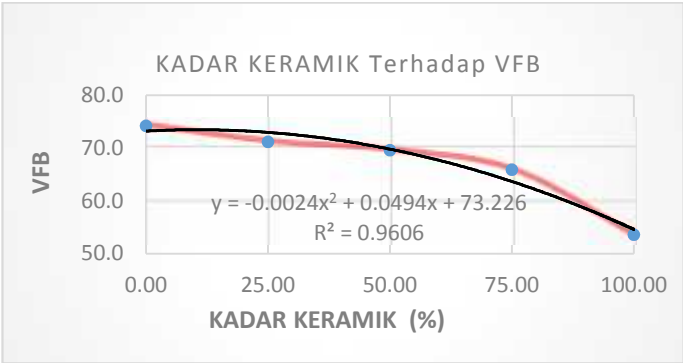
3) Hubungan antara Kadar Keramik dan VMA



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Keramik dan VIM

Grafik menunjukkan nilai VMA terhadap variasi kadar keramik cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar limbah keramik membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran semakin banyak seiring bertambahnya penggunaan limbah keramik dalam campuran. Nilai VMA yang disyaratkan dalam suatu campuran minimal 14%, yang memenuhi syarat VMA yaitu yang mengandung kadar *Keramik* 0% sampai 100%.

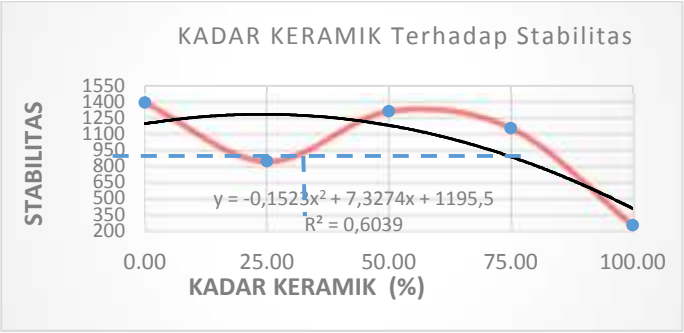
4) Hubungan antara Kadar Keramik dan VFB



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Limbah Keramik dan VFB

Dari hasil pengujian menunjukan bahwa nilai VFB menurun seiring dengan pertambahan kadar limbah keramik. Hal ini disebabkan karena sifat keramik yang berongga namun padat pada sisi luarnya sehingga aspal tidak masuk ke rongga keramik namun hanya menyelimuti keramik tersebut. Nilai VFB dalam spesifikasi minimal 65%, yang memenuhi persyaratan pada pengujian ini yang mengandung kadar abu batu limbah Keramik 0% hingga 70%.

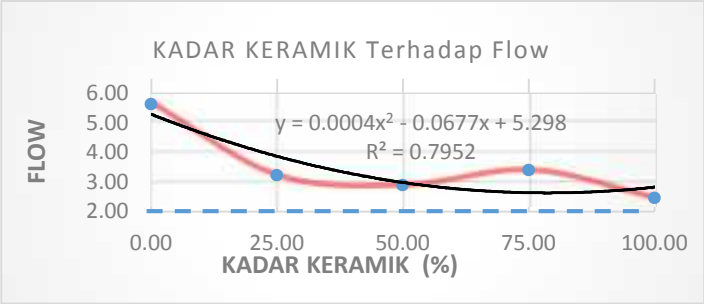
5) Hubungan antara Kadar Keramik dan Stabilitas



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Keramik dan Stabilitas

Pad*a* grafik, nilai stabilitas menurun pada kadar 25% kemudian meningkat pada kadar 50% kemudian kembali turun hingga pada kadar 100% dimana kadar keramik yang memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi adalah hingga pada kadar keramik 80,4%.

6) Hubungan antara Kadar Keramik dan *Flow*



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Keramik dan Flow

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring penambahan limbah keramik hingga pada kadar 50%, nilai kelelehan menurun, kemudian setelah itu nilai *flow* kembali mengalami peningkatan pada kadar 75% lalu menurun kembali pada kadar 100%. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar limbah Keramik membuat campuran menjadi rapat sehingga deformasi akibat beban berkurang.

Hasil Marshall Sisa Benda Uji Menggunakan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Abu Batu

Tabel 4. Pengujian *Marshall* Sisa pada *bricket* campuran *Asphalt ConcreteBinder Course* (AC-BC) dengan menggunakan limbah keramik abu batu.

KADAR KERAMIK	BERAT ISI	VIM	VMA	VFB	STAB	FLOW	RASIO PARTIKEL
25%	2,115	13,484	23,121	41,679	1175,97	3,28	1,185
50%	2,063	15,634	25,038	37,561	661,97	2,25	1,161
75%	2,148	12,168	21,966	44,608	1544,95	3,20	1,132
100%	2,081	14,914	24,414	38,911	1161,46	3,70	1,109

Sumber : Hasil Analisis Perhitungan

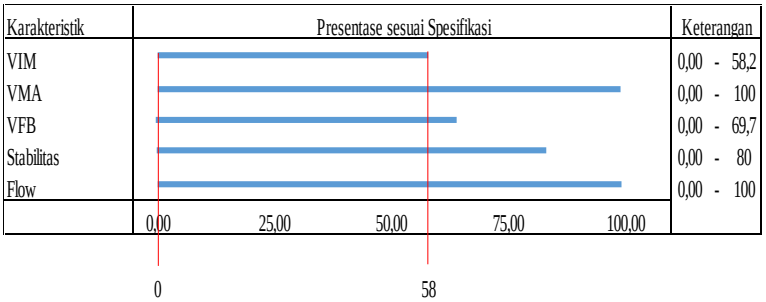
Setelah benda uji yang mengandung limbah keramik direndam selama 24 jam, maka diperoleh nilai Indeks Kekuatan Sisa sebagai berikut:

- 25% = 91.31%
- 50% = 66.10%
- 75% = 138.93%
- 100% = 72.74%

Sehingga, dapat disimpulkan benda uji yang memenuhi persyaratan adalah yang mengandung kadar limbah keramik 25% dan 75%. Persyaratan untuk stabilitas M*arshall* sisa setelah perendaman 24 jam dalam suhu 60°C yaitu minimal 90%.

Penentuan Kadar Limbah Keramik Ideal

Berdasarkan dari hasil uji *Marshall* pada campuran dengan menggunakan limbah keramik sebagai pengganti abu batu, maka diperoleh kadar keramik yang bisa digunakan adalah mulai pada kadar 0% hingga 58% seperti pada gambar di bawah.



Gambar 7. Grafik kadar limbah keramik yang diizinkan

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data terhadap aspal beton AC-BC yang memanfaatkan Limbah Keramik lantai sebagai Pengganti Abu Batu maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang digunakan pada campuran *Asphalt Conrete-Binder Course* (AC-BC) dengan variasi limbah keramik lantai sebagai Abu batu yaitu 5,58%.
2. Karakteristik pada campuran Aspal Beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) dengan variasi limbah keramik lantai sebagai bahan pengganti abu batu menghasilkan nilai VIM semakin meningkat seiring penambahan kadar keramik pada campuran. Namun pada nilai VMA dan VFB, semakin besar penggunaan keramik maka nilai dari VMA dan VFB semakin menurun.
3. Dari campuran aspal tanpa menggunakan variasi abu batu limbah keramik menghasilkan stabilitas Marshall yang lebih besar dari campuran aspal dengan menggunakan abu batu limbah keramik. Namun dengan variasi 25%, 50%, dan 75%. Memenuhi spesifikasi sehingga dapat digunakan untuk campuran beraspal.
4. Dari hasil pengujian *Marshall* dapat diambil untuk nilai penggunaan kadar limbah keramik lantai yang diizinkan adalah 0% hingga 58% dilihat dari parameter marshall yang hampir seluruhnya memenuhi spesifikasi kecuali nilai VIM dan VFB dikarenakan ada kadar limbah keramik tidak sesuai spesifikasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Arif, Muhammad Syaiful. 2013. *Penggunaan Bahan Pengisi (filler) Serbuk Keramik, Ditinjau Dari Parameter Marshall Pada Lapis Aspal Beton (Laston).* Malang: Universitas Islam Malang.

Arliningtyas, Swasti. 2016. *Analisa Kelayakan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Nilai Stabilitas Marshall*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.

ASTM D4791 – 99, *Tata Cara Uji Standar Untuk Kepipihan dan Kelonjongan Agregat.* America Standart Testing and Material

Bina Marga Direktorat Jendral. Spesifikasi Umum 2018. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Fadarsyah, Mukhlis, dan Sulaiman. 2014. *Pengaruh Penambahan Filler Granit dan Keramik pada Campuran Laston AC-WC terhadap Karakteristik Uji* Marshall. Aceh: Universitas Malikussaleh.

Hieronymus, Tanpa Tahun. *Pengertian Limbah*. Diakses dari www.romadecade.org (diakses tanggal 30 juli 2019)

Leolay. 2015, *Bahan Lantai Keramik*, Diakses dari http://andalan68.wordpress.com (diakses tanggal 30 juli 2019)

Sandro Laila, William Sanajaya, Ronald Regen Ruhulesin, dan Rachmansyah. 2016. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Keramik Sebagai Tambahan Agregat Halus Dalam Campuran Aspal*. Jakarta: Universitas Kristen Krida Wacana

SNI - 03-1737-1989. 1989, *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Laston Untuk Jalan Raya.* 1989. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

SNI 03-4428-1997. 1997, *Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-6877-2002. 2002, *Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus Yang Tidak Dipadatkan*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 06-2440-1991. 1991, *Metode Pengujian Kehilangan Berat*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1969:2008. 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1970:2008. 2008, *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Standarisasi Nasional.

ANALISIS KINERJA JALAN AKIBAT KENDARAAN YANG MEMUTAR (U-TURN) DI JALAN PERINTIS KEMERDEKAAN

Aisyah Zakaria[1)],
[1)]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

There are several traffic congestion spots on the Jl.Perintis Kemerdekaan, one of which is at KM 9. At that point there is a median opening to ease a vehicle to turn around. When a vehicle turn around at this spot, it affects other vehicles to decrease their velocity even until zero point which causes a queue of vehicles.

This study aimed to determine the effect of U-Turns on Jl.Perintis Kemerdekaaan road section in Makassar. This research was conducted by surveying the U-Turn points on the road between the Tamalanrea Permai Earth intersection and the Tello intersection. Road performance was determined by saturation degree and road service level. The queue length and vehicles volume were calculated to determine one of the traffic characteristics on Jl.Perintis Kemerdekaan KM 9 in Makassar.

The results showed that the lowest road service level occurred in the morning which was level D at the U-Turn in front of Cokroaminoto, Pintu 2 (Entrance 2 of Hasanuddin University), and before Carefour and was level E at the U-Turn in front of the Kavaleri and Rumahku store. Whilst the peak hours occured on the Jalan Perintis Kemerdekaan in front of the store was at 07.00 - 08.00 in the morning, instead the longest queue was at 13.00 - 14.00 which was 80.5 meters.

Keywords*: U-Turn , Road performance, Queue Lenghth*

1. PENDAHULUAN

Jalan sebagai salah satu prasarana dalam bidang transportasi darat memiliki fungsi pelayanan, yaitu memberikan keamanan dan kenyamanan terhadap pengguna jalan dalam berkendara. Salah satu contoh dalam memberikan fungsi pelayanan adalah dengan memberikan median terhadap jalan-jalan yang memiliki ruas yang besar untuk menghindari adanya kendaraan yang mengambil lajur yang berlawanan pada saat mendahului kendaraan di depannya.

Median biasanya terdiri dari garis marka jalan atau berupa susunan beton yang memiliki elevasi lebih tinggi dari jalan yang berada di tengah jalan. Pada jalan kota dengan median, dibutuhkan bukaan median (*U*-Turn) untuk memfasilitasi kendaraan dalam melakukan pergerakan memutar balik arah. Namun, bukaan median sendiri masih belum dapat memecahkan masalah ruas jalan yang ada karena bukaan median dapat menimbulkan hambatan terhadap arus lalu lintas yang searah dan berlawanan arah (Kasan dkk., 2005).

Di Kota Makassar, terdapat beberapa jalan yang memiliki median yang dilengkapi dengan bukaan median, salah satunya adalah Jalan Perintis Kemerdekaan. Jalan Perintis Kemerdekaan merupakan jalan yang menghubungkan antara Kota Makassar dengan Kabupaten Maros sehingga jalan ini termasuk kedalam klasifikasi jalan arteri. Jalan ini terdiri 2 jalur dengan 6 lajur dan dilengkapi dengan median jalan. Banyaknya jumlah lajur dikarenakan banyaknya kendaraan yang melintasi jalan ini. Bahkan pada jam-jam tertentu seperti jam pergi dan pulang kerja sering terjadi kemacetan diakibatkan meningkatnya volume kendaraan yang melintas.

Pada beberapa titik tertentu di Jalan Perintis Kemerdekaan terdapat sejumlah titik-titik kemacetan, salah satunya berada di kilometer 9. Banyaknya fasilitas umum (Universitas Islam Makassar, STMIK Akba, Toko Rumahku, warung makan, dan toko-toko ATK) pada jalan ini menyebabkan terjadinya arus lalu lintas yang padat. Pada titik tersebut juga terdapat bukaan median yang memudahkan kendaraan untuk melakukan aktivitas memutar arah. Aktivitas ini memberikan dampak terhadap kendaraan lainnya berupa penurunan kecepatan bahkan sampai titik nol yang menyebabkan terjadinya antrian pada kendaraan-kendaraan di belakangnya.

Bukaan median pada jalan Perintis Kemerdekaan Km 9 sendiri telah memiliki lajur tunggu untuk kendaraan yang akan melakukan putaran balik arah. Namun, lajur itu sendiri masih belum dapat menampung aktivitas kendaraan yang akan memutar balik mengingat volume kendaraan yang selalu bertambah tiap tahunnya. Selain digunakan untuk aktivitas memutar balik arah bukaan median di jalan tersebut juga

[1] Korespondensi penulis: Aisyah Zakaria, Telp 085242821065, aisyahzakariah_78@poliupg.ac.id

digunakan oleh kendaraan untuk penyeberangan baik dari arah Universitas Islam Makassar menuju ke ruko-ruko di seberang jalan maupun sebaliknya.

Pada Jalan Perintis Kemerdekaan sendiri sebelumnya telah diteliti mengenai karakteristik lalu lintas pada jalan tersebut. Namun, penelitian tersebut tidak memasukkan aktivitas kendaraan yang memutar balik arah sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai aktivitas tersebut. Dari aktivitas inilah dapat dilihat dampak yang timbul akibat kendaraan yang memutar balik arah kendaraan baik yang searah maupun berlawanan arah.

Dengan latar belakang sebagaimana diuraikan diatas, peneliti akan melakukan analisis kinerja arus lalu lintas jalan Perintis Kemerdekaan KM 9 , panjang antrian , waktu tundaan rata-rata yang terjadi akibat adanya aktivitas kendaraan memutar arah serta menganalisis kapasitas dan kinerja lalu lintas pada ruas jalan tersebut sehingga dapat dijadikan sebagai referensi dan masukan bagi stakeholder dan pemangku kepentingan yang terkait dengan keberadaan U - Turn pada Jalan Perintis Kemerdekaan KM

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada titik-titik *u-turn* yang ada di Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar antara Persimpangan Bumi Tamalanrea Permai dan Persimpangan Tello.

1.Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) *Laptop*, untuk mengolah data survei.
2) *Speed gun*, sebagai alat untuk mengetahui kecepatan kendaraan.
3) *Counter*, untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas.
4) Kamera/*Handycam*, untuk merekam arus kendaraan yang melewati jalan dan mendokumentasikan panjang antrian dan tundaan kendaraan.
5) Rol Meter untuk mengukur dimensi jalan yang ditinjau.
6) *Handphone*, untuk dokumentasi penelitian.
7) *Stopwatch*, sebagai alat untuk menghitung kecepatan lalu lintas.
8) ATK dan formulir, sebagai alat pencatatan data di lapangan.

2.Jenis dan Sumber Data

1. Data Primer, antara lain:
   a. Data geometrik jalan
   b. Volume kendaraan
   c. Kecepatan kendaraan
   d. Panjang Antrian

3. Teknik Pengumpulan Data

a. Survei Pendahuluan

Survei ini dilakukan untuk menentukan jam puncak (*peak hour*) yang terjadi pada ruas jalan tersebut dan akan menjadi acuan dalam melakukan survei riil melalui data volume kendaraan yang diperoleh.

b. Survei Geometrik Jalan

Survei ini dilakukan untuk mengetahui dimensi dari masing-masing *u-turn* yang ada pada Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar menggunakan alat rol meter.

c. Survei Volume Kendaraan

Survei yang dilakukan untuk menghitung volume kendaraan yang melintas.

d. Survei Kecepatan Kendaraan

Survei kecepatan kendaraan dilakukan untuk mengetahui kecepatan kendaraan yang akan melakukan putar balik arah dan kendaraan yang menerus.

e. Survei Panjang Antrian.

Survei ini dilakukan untuk mengukur panjang antrian yang terjadi pada saat terjadi aktivitas putar balik arah. Survei dilakukan menggunakan alat rol meter.

Adapun metode yang digunakan dalam menganalisis data yang telah dikumpulkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Dengan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, untuk mengetahui pengaruh *u-turn* terhadap kinerja ruas Jalan Perintis Kemerdekaan KM 9 Makassar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Hasil Penelitian

Berdasarkan data-data telah diperoleh, selanjutnya dianalisis sehingga diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

1). Geometrik Jalan

Tabel 1. Dimensi Titik-titik *U-Turn*

No.	Lokasi	Lebar (m)		Bahu (m)		Lebar U-Turn (m)	Lebar Median (m)	Lajur U-Turn	
		BTP-Tello	Tello-BTP	BTP-Tello	Tello-BTP			Panjang (m)	Lebar (m)
1	Depan Cokro	11,6	13,5	3,1	2,5	13,1	2,8		
2	Pintu 2	11,55	13,7	2,7	1,8	13,5	2,8		
3	Depan Kavaleri	10,3	10	2	2,3	21,7	2,8		
4	Depan Toko Rumahku	10,2	9,6	2	1,7	24,5	2,8	19	1,8
5	Sebelum Carefour	10	10	3,9	2,7	14,6	2,8		

2). Volume Kendaraan

Tabel 2. Data Volume Rata-Rata Kendaraan

No.	Pukul	Lokasi				
		Depan Cokro	Pintu 2	Asrama Kavaleri	Depan Toko Rumahku	Depan Carefour
1.	07.00 – 08.00	22379	17276	18530	23810	20116
2.	13.00 - 14.00	16371	14681	15110	15580	14939
3.	16.00 - 17.00	20191	14418	16667	18968	19516
Volume Jam Puncak		58941	46375	50307	58358	54571
Volume Rata-rata Jam Puncak		19647	15458	16769	19453	18190

Tabel untuk penyajian data dapat dilihat pada diagram dibawah ini

Gambar 1. Grafik Volume Kendaraan

3). Kecepatan Kendaraan

Tabel 3 Kecepatan Rata-rata Menerus

Jenis Kendaraan	Pukul	Kecepatan (km/jam)				
		Cokro	Pintu 2	Kavaleri	Rumahku	Carefour
HV	07.00 - 08.00	10,36	19,86	18,05	22,09	26,53
	13.00 - 14.00	15,13	19,02	18,57	16,77	21,09
	16.00 - 17.00	17,50	19,83	20,08	14,07	19,73
LV	07.00 - 08.00	9,78	19,88	21,64	30,70	26,93
	13.00 - 14.00	15,42	20,17	22,03	16,36	19,00
	16.00 - 17.00	19,69	21,21	20,88	12,00	19,90
MC	07.00 - 08.00	14,89	18,38	31,49	42,66	25,69
	13.00 - 14.00	15,60	22,40	32,30	27,97	22,92
	16.00 - 17.00	18,55	22,58	28,06	16,16	20,31
Rata-rata (km/jam)		**15,21**	**20,37**	**23,68**	**22,09**	**22,46**

Tabel 4. Kecepatan Rata-rata Memutar

Jenis Kendaraan	Pukul	Kecepatan (km/jam)				
		Cokro	Pintu 2	Kavaleri	Rumahku	Carefour
HV	07.00 - 08.00	2,73	2,69	2,73	2,28	2,84
	13.00 - 14.00	2,81	3,27	3,45	3,01	3,67
	16.00 - 17.00	3,03	0,00	3,50	2,65	2,95
LV	07.00 - 08.00	3,21	3,09	2,91	3,19	3,68
	13.00 - 14.00	3,25	3,22	3,07	3,21	3,60
	16.00 - 17.00	3,34	7,43	3,33	3,40	3,45
MC	07.00 - 08.00	6,67	7,30	7,50	9,25	10,46
	13.00 - 14.00	7,35	7,44	6,88	8,15	7,80
	16.00 - 17.00	7,06	8,18	7,14	7,68	8,48
Rata-rata (km/jam)		**4,38**	**4,73**	**4,50**	**4,76**	**5,21**

4).Panjang Antrian

Tabel 5. Panjang Antrian Maksimum

No.	Periode	Panjang Antrian Maksimum (m)									
		Cokro		Pintu 2		Kavaleri		Toko Rumahku		Sebelum Carefour	
		B-T	T-B	B-T	T-B	B-T	T-B	B-T	T-B	B-T	T-B
1.	Pagi	33,5	22,3	68,8	46,7	7,7	41,5	6,6	38,4	36,3	28,5
2.	Siang	54,5	43,3	41,5	10,3	5,1	36,3	80,5	49,3	67,5	64,9
3.	Sore	60,1	23,7	134	13,4	6,4	31,1	112	10,3	75,3	37,6

3.2. Pembahasan

Dalam menentukan kinerja ruas pada Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar dengan melakukan perhitungan-perhitungan terhadap arus lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan jalan. Sehingga diperoleh nilai derajat kejenuhan untuk menentukan tingkat pelayanan jalan pada masing-masing titik *u-turn* di Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar.

Tabel 6. Kinerja Jalan

No	Lokasi	Pukul	Arus Total (Q) (smp/jam)	Kapasitas (C) (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)	Tingkat Pelayanan (LoS)
1	Cokro	07.00 - 08.00	8348	10521	0,79	D
		13.00 -14.00	7286	10521	0,69	C
		16.00 -17.00	7642	10521	0,73	C
2	Pintu 2	07.00 - 08.00	7977	10521	0,76	D
		13.00 -14.00	6488	10521	0,62	C
		16.00 -17.00	5796	10521	0,55	C
3	Kavaleri	07.00 - 08.00	8712	9352	0,93	E
		13.00 -14.00	6439	9352	0,69	C
		16.00 -17.00	6722	9352	0,72	C
4	Rumahku	07.00 - 08.00	8662	9352	0,93	E
		13.00 -14.00	7152	9352	0,76	D
		16.00 -17.00	7128	9352	0,76	D
5	Carefour	07.00 - 08.00	7583	9352	0,81	D
		13.00 -14.00	6923	9352	0,74	C
		16.00 -17.00	7845	9352	0,84	D

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas, diperoleh nilai derajat kejenuhan tertinggi terjadi pada titik *u-turn* di Depan Kavaleri dan di Depan Toko Rumahku yang terjadi pada Pukul 07.00 – 08.00. Tingkat pelayanan jalan paling rendah rata-rata terjadi pada pagi hari dengan level D untuk lokasi *u-turn* di Depan Cokroaminoto, Pintu 2 Unhas, dan Sebelum Carefour. Sedangkan tingkat pelayanan untuk lokasi *u-turn* yang berada di Depan Asrama Tentara Kavaleri dan di Depan Pondok Madinah / Toko Rumahku mencapai level E.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terkait pengaruh *u-turn* yang diperoleh melalui proses pengamatan, perhitungan, dan analisis pada 5 titik *u-turn* pada Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil survei , diperoleh jam puncak yang terjadi pada Jalan Perintis Kemerdekaan didepan Toko rumahku yaitu Pukul 07.00 – 08.00 pada Pagi Hari .
2. Panjang antrian yang tertinggi pada jam siang pukul 13.00 - 14.00 didepan toko rumahku sepanjang 80.5 meter
3. Tingkat pelayanan jalan paling rendah rata-rata terjadi pada pagi hari dengan level D untuk lokasi *u-turn* di Depan Cokroaminoto, Pintu 2 Unhas, dan Sebelum Carefour. Sedangkan tingkat pelayanan untuk lokasi *u-turn* yang berada di Depan Asrama Tentara Kavaleri dan di Depan Pondok Madinah / Toko Rumahku mencapai level E.

5. DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, Alik, Ansyori. 2005. Rekayasa Lalulintas. Universitas Muhammadiyah Malang Press: Malang.

Clarkson, H.O. dan Hicks G. R. 1999. Teknik Jalan Raya Jilid IV. Erlangga: Jakarta.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1990. *Tata Cara Perencanaan Pemisah*. Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. *Pedoman Perencanaan Putaran Balik (U-Turn)*. Jakarta

Gumilar, R.D. dkk. Evaluasi *U-Turn* Ruas Jalan Arteri Supadio Kabupaten Kubu Raya. Jurnal

Kasan M. dkk. 2005. Pengaruh *U-Turn* terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Kota Palu (Studi Kasus Jl. Moh. Yamin Palu*). Jurnal SMARTek*. Palu: Universitas Tadulako Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil

Kementerian PU . 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta

Kementerian PU . 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Perkotaan*. Jakarta

Mardinata, L.A. 2014. Pengaruh *U – Turn* (Putar Balik Arah) Terhadap Kinerja Arus Lalu – Lintas Ruas Jalan Raden Eddy Martadinata Kota Samarinda

Mardinata, L.A.. Tugas Akhir. Samarinda: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Pane, F.P. 2018. Analisa Perbandingan Panjang Antrian menggunakan Teori Antrian dan Analisa Gelombang Kejut di Loket Keluar Kendaraan Kawasan Megamas Manado. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.6 No.2: 101-112

Permata, D. Y. dan Rhaptyalyani. 2017. Analisa Perencanaan Bukaan Median pada Ruas Jalan Mayjend Yusuf Singadekane Palembang. Laporan Penelitian Dosen Muda. Sriwijaya: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Purba, E. A. dan Harianto, J. 2014. Pengaruh Gerak *U-turn* pada Bukaan Median Terhadap Karakteristik Arus Lalu Lintas di Ruas Jalan Kota (Studi Kasus Jl. Sisingamangaraja Medan). *Jurnal Teknik Sipil USU*. Medan: Universitas Sumatera Utara Medan

Rangkuti Nuril Mahda. Analisa Pengaruh Putaran Balik (*U-Turn*) Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus). *Jurnal*. Medan: Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area

Reskyanto Otniel. 2017. Analisis Pengaruh Fasilitas *U-Turn* Terhadap Kinerja Ruas Jalan Laksda Adisucipto (Studi Kasus *U-Turn* Depan Jogja *One Park* Dan *U-Turn* Depan *Social Agency* Baru Ambarrukmo). *Jurnal UAJY*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapakan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan penelitian yang diberikan, serta kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan pelaksanaan penelitian ini.

STUDI EFEKTIVITAS AGREGAT GRADASI IDEAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN *PORTLAND COMPOSITE CEMENT (PCC)*

Abdul Fattah[1)], Abdul Nabi[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

In the making of high-quality concrete mixes, OPC (Ordinary Portland Cement) cement has been used, and no one has used PCC (Portland Composite Cement) cement. Therefore, in this study, high-quality concrete mixes were made with ideal gradation aggregates using PCC cement and Viscocrete 10 additive material. This study aims to study the effectiveness of ideal aggregates on high-quality concrete using PCC cement and additive materials. In this study a mixture of concrete f'c 30, f'c 40 and f'c 45 was made. Prediction of the compressive strength of 28 days in f'c 30 and f'c 40 concrete was 31.96 Mpa and 40.25 Mpa, respectively, which means that the quality of concrete is meeting the plan. However, the high-quality concrete f'c 45 did not achieve the planned quality, i.e. only 42.69 MPa compressive strength was obtained. The result shows that the mixture of concrete with ideal aggregate and PCC cement, using viscocrete additive material cannot be achieved high-quality concrete as planned. It can be concluded that the mix of concrete with ideal gradation aggregate using PCC cement and viscocrete added material, apparently not yet achieved high-quality concrete.

Keywords*:* ideal gradation aggregate, PCC cement, high-quality concrete

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat banyak digunakan dalam pembangunan fisik. Beton terbentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dengan perbandingan tertentu. Berbagai hipotesis berasal dari penelitian dan pengujian mengenai kuat tekan beton , antara lain:

1) Semakin kecil dimensi agregat kasar semakin besar nilai kuat tekannya (Hendra P & Ika W, 2006).
2) Gradasi ideal memiliki sifat interlocking atau saling mengunci antar butiran agregat, sehingga nilai kuat tekan yang dihasilkan cenderung optimal. (Mulyono, 2004).
3) Rasio agregat halus berbanding agregat kasar yang makin seimbang (mendekati 1:1) cenderung memiliki nilai kuat tekan yang optimal.

Berdasarkan hipotesis di atas gradasi ideal tentunya mempunyai pengaruh yang besar terhadap saling mengikatnya agregat yang terkandung dalam beton. Kemudian dalam dunia konstruksi beton yang digunakan adalah beton dengan mutu tinggi untuk pembuatan beton mutu tinggi biasanya menggunakan semen OPC sebagai bahan perekat. Belum pernah ada yang menggunakan semen PCC yang kuat tekannya hanya cocok untuk beton normal. kemudian membuat kami ingin mengetahui apakah membuat beton mutu tinggi menggunakan semen PCC dengan agregat gradasi ideal serta dan ditambahkan bahan tambah berupa *superplastisizer* (Viscocrete) dapat dicapai beton mutu tinggi.

Batasan masalah dan asumsi yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

a. Semen yang digunakan adalah PCC (*Portland Composite Cement*).
b. Mutu beton yang digunakan adalah f’c30, f’c40, f’c45.
c. Gradasi Ideal Ukuran maksimum 20 mm.
d. Bahan tambah yang digunakan adalah viscocrete 10.

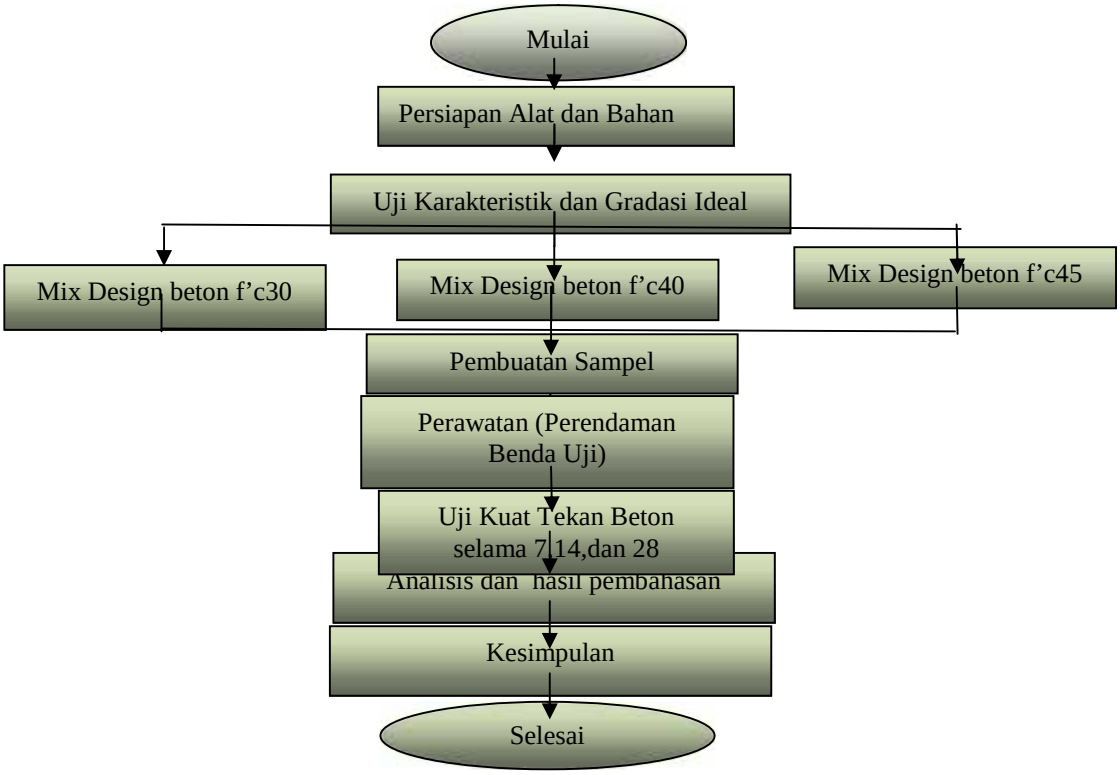
Tujuan Penelitian ini adalah untuk studi efektivitas gradasi ideal terhadap kuat tekan beton mutu tinggi dengan menggunakan semen PCC dan bahan tambah viscocrete.

Beton mutu tinggi merupakan beton yang memiliki kekuatan yang relatif cukup besar yaitu kuat tekan minimal > 41,4 Mpa (SNI 03-6468-2000) atau K-400. Beton mutu tinggi dalam proses pembuatannya *(Mix Design)* selalu menjaga kadar semen (*Water/Cement Ratio*) yaitu berkisar 0,2-0,3 agar tingkat porositas dalam beton dapat berkurang, tetapi tidak menghilangkan sifat workability saat proses pelaksanaannya yaitu dengan penambahan bahan superplastisizer

[1] Korespondensi penulis: Abdul Fattah, Telp. 08124265164, abdulfattah@poliupg.ac.id

2. METODE PENELITIAN

Pengujian karakteristik pasir adalah pengujian berat jenis, Berat isi, kadar lumpur, kadar organik, kadar air, dan analisa saringan. Sedangkan pada pengujian batu pecah adalah sama dengan pengujian pasir dan diuji juga keausan (Los Angeles). Agregat gradsi ideal dilakukan analisa saringan. Selanjutnay membuat Rancangan Campuran Beton mutu f'c30, f'c40, dan f'c45. dan sampel silider ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujai kuat tekan beton dilakukan setiap varian mutu (f'c 30, f'c40, dan f'c45) pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Selanjutnya analisis data hasil uji tekan .



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHSAN

Hasil pengujian kuat tekan beton f'c30 dapat dilihat pada Tabel 5.4. berikut ini :

Tabel 5.4. Hasil dan Analisis Kuat Tekan Beton Zona I

No	Kode Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm^2)	Koefisien	Prediksi Kuat Tekan 28 Hari (N/mm^2)
1	f'30	7	22.80	0,7	32.58
2	f'30	14	28.52	0,88	32.40
3	f'30	28	31.96	1,00	31.96
				Kuat tekan rata-rata	32.31

(Sumber : hasil pengujian)

Hasil pengujian kuat tekan beton f'c40 dapat dilihat pada Tabel 5.5. di bawah ini

Tabel 5.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton f'c40

No.	Kode Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm^2)	Koefisien	Prediksi Kuat Tekan 28 Hari (N/mm^2)
1.	f'40	7	32.23	0,7	46.05
2.	f'40	14	35.50	0,88	40.34

3.	f’40	28	40.25	1,00	40.25
				Kuat tekan rata-rata	42.21

(Sumber : hasil pengujian)

Hasil pengujian kuat tekan beton f’c45 dapat dilihat pada Tabel 5.6. di bawah ini.

Tabel 5.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton f’c 45

No.	Kode Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm^2)	Koefisien	Kuat Tekan Rata-rata 28 Hari (N/mm^2)
1.	f’c45	7	34.73	0,88	49.62
2.	f’c45	14	40.61	0,95	46.15
3.	f’c45	28	42.69	1,00	42.69
				Kuat tekan rata-rata	46.15

(Sumber : hasil pengujian)

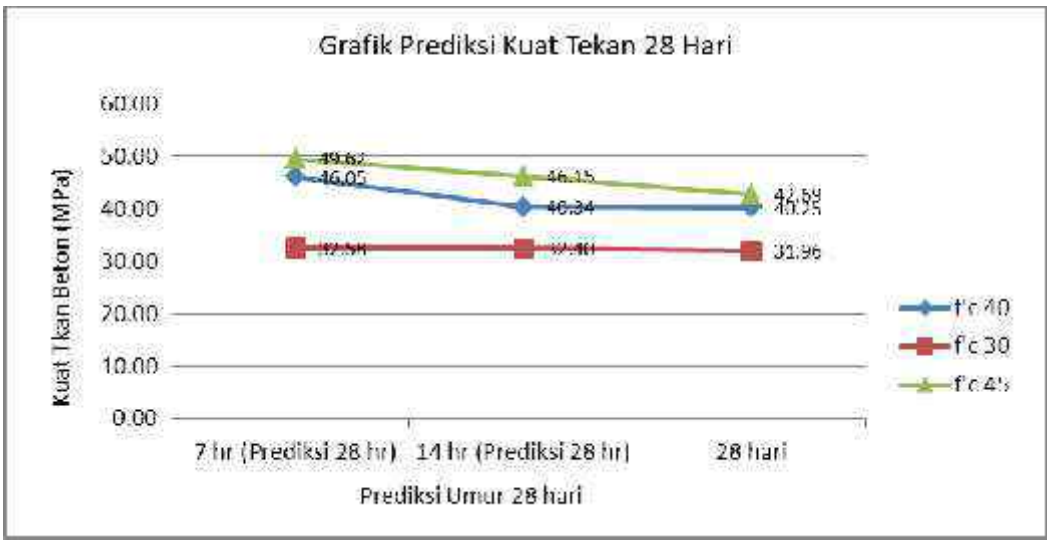
Berdasarkan data hasil uji tekan beton f’c30 diperoleh nilai kuat tekan yang besar dan semakin menurun sampai pada umur 14 hari dan umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada beton f’c30 gradasi ideal dengan bahan tambah viscocrete terjadi peningkatan nilai kuat tekan pada beton umur 7 dan 14 hari, dan beton tersebut akan mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari, namun masih memenuhi syarat mutu beton f’c30.

Gambar 5.1 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pada Gambar 5.1 menunjukkan bahwa pada umur beton 7 dan 14 hari diperoleh nilai kuat tekan yang memenuhi syarat semua mutu beton beton yang direncanakan (f’c30, f’c40 dan f’c45). Pada umur beton 28 hari maka mutu beton f’c30 dan f’c40 memenuhi syarat mutu beton yaitu diperoleh nilai kuat tekan beton 31,96 MPa dan 40.25 MPa. Namun pada beton f’c45 tidak memenuhi atau hanya diperoleh nilai kuat tekan beton sebesar 42.69 MPa. Nilai kuat tekan beton prediksi 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Prediksi Nilai Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari

No.	Umur Beton	Mutu Beton					
		f'c 30	Prediksi 28 hr	f'c 40	Prediksi 28 hr	f'c 45	Prediksi 28 hr
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1	7 hr	22.8	32.58	32.23	46.05	34.73	49.62
2	14 hr	28.52	32.4	35.5	40.34	40.61	46.15
3	28 hari	31.96	31.96	40.25	40.25	42.69	42.69



Gambar 5.2 Grafik Prediksi Nilai Kuat Tekan Beton 28 hari

Pada beton umur 7 dan 14 hari mengalami peningkatan nilai kuat tekan yang besar, dan akan mengalami penurunan nilai kuat tekan umur 28 hari. Prediksi nilai kuat tekan beton 28 hari pada beton yang diuji pada umur 7 dan 14 hari diperoleh mutu beton sesuai rencana, sedangkan pada beton f'c45 (mutu tinggi) tidak tercapai mutu yang direncanakan, yaitu hanya diperoleh nilai kuat tekan 42.69 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa campuran beton dengan agregat ideal dan semen PCC, dengan menggunakan bahan tambah viscocrete tidak dapat dicapai beton mutu tinggi.

4. KESIMPULAN

Pada beto normal, nilai kuat tekan beton masih memenuhi syarat kuat tekan rencana. Sedangkan pada beton mutu tinggi (f'c45) tidak memenuhi syarat, sehingga hal menujukkan bahwa pada beton agregat gardasi ideal dan menggunakan semen PCC dengan bahan tambah, belum dapat capai beton mutu tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

ASTM C 33/03 "*Standard Spesification for Concrete Agregates*"
Wangsadinata, Wiratman. Dkk. 1971. *Peraturan Beton Indonesia.* Jakarta.
https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-kasar.html
http://jamesthoengsal.blogspot.com/p/blog-page_46.html
http://www.ilmutekniksipil.com/struktur-beton/sifat-beton.html
http://www.ilmusipil.com/pengertian-beton-adalah.html
Oscar dkk. 2009. Sustainability in the Construction Industry: A Review of Recent Developments Basen on LCA. Construction dan Building Materials, vol. 23.
www.auburn.edu, diunduh pada tanggal 18 Maret 2014
Engineer's Outlook. 2011. History of Reinforced Concrete and Structural Design. Engineersoutlook.wordpress.com
Sebayang, Surya. 2002. Pengaruh Kadar Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Beton Alir Mutu Tinggi. Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan. Edisi Ke enam
Mulyono,Tri,Ir,MT, Teknologi Beton, Andi Yogyakarta,2004.
Departemen Pekerjaan Umum, SK SNI T- 15-1991-03 Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, J
https://www.ilmubeton.com/2017/12/pengaruh-ukuran-butiran-agregat.html
http://widilesmana19061993.blogspot.com/2013/12/beton-mutu-tinggi.html
http://rhararemetwa.blogspot.com/2015/01/bahan-kimia-untuk-meningkatkan-mutu.html
https://www.scribd.com/doc/36562794/beton-mutu-tinggi

STUDI EFISIENSI PENGGUNAAN BAJA PROFIL CNP SEBAGAI PENGGANTI BALOK KAYU PADA BEKESTING SEMI SISTEM

Abdullah Latip[1)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

Conventional formwork materials are usually made of wooden boards and beams of various sizes. The main deficiency of wood material is the price is quite expensive, the strength is not uniform/homogeneous and the amount of material is wasted during the assembly and disassembly process. This is certainly a disadvantage for the owner or contractor. It is therefore necessary to consider using other materials that are more durable and have better strength. In this research the author tried to compare the efficiency level of the replacement of wood with steel material of CNP shaped. The author chose this profile because it is easy to get in the market and the price is relatively affordable, besides this profile size is also close to the size of wooden beams that are often used in conventional formwork

Keywords*: Formwork, Wood, CNP Steel, Cost Eficiency.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi di Indonesia dapat dilihat dengan semakin banyaknya inovasi yang digunakan dalam proses konstruksi. Saat ini, teknologi sangat berperan besar untuk mempermudah proses yang dilakukan pada suatu proyek konstruksi. Salah satu contoh penerapan teknologi pada proses konstruksi adalah teknologi cetakan beton atau bekisting. Bekisting merupakan struktur sementara karena sampai batas waktu tertentu akan dibongkar, sedangkan struktur beton merupakan struktur permanen. Struktur-struktur sementara adalah sebagai alat penghubung antara desain dan pelaksanaan konstruksi. Struktur-struktur permanen tidak bisa dibangun tanpa struktur-struktur sementara tersebut.

Sebuah konstruksi bekisting harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Syarat ini harus dipenuhi mengingat bekisting adalah pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang pada bangunan bertingkat serta memerlukan biaya yang besar untuk membuatnya.

Material bekesting konvensional biasanya dari kayu yang berbentuk papan dan balok dengan berbagai ukuran. Kekurangan utama dari material kayu adalah harga yang cukup mahal, kekuatan yang tidak seragam/homogen dan banyaknya material terbuang pada saat proses bongkar pasang. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi para pelaku dunia konstruksi baik owner maupun kontraktor pelaksana. Dengan demikian perlu dipikirkan untuk menggunakan material lain yang lebih tahan lama dan memiliki kekuatan yang lebih baik. Dalam penelitian ini penulis mencoba untuk membandingkan tingkan efisiensi penggantian kayu dengan material baja berbentuk profil baja CNP. Penulis memilih profil ini karena mudah didapatkan di pasaran dan harga relatif terjangkau, selain itu ukuran profil ini juga mendekati ukuran balok kayu yang sering digunakan pada bekisting konvensional. Persyaratan umum dalam mendesain suatu struktur, baik struktur permanen maupun sementara seperti bekisting setidaknya ada 3 persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Syarat Kekuatan, yaitu bagaimana material bekisting seperti balok kayu tidak patah ketika menerima beban yang bekerja.
2. Syarat Kekakuan, yaitu bagaimana meterial bekisting tidak mengalami perubahan bentuk/deformasi yang berarti, sehingga tidak membuat struktur sia-sia.
3. Syarat Stabilitas, yang berarti bahwa balok bekisting dan tiang/perancah tidak runtuh tiba-tiba akibat gaya yang bekerja.

Ada 3 tujuan penting yang harus diperhatikan dalam membangun dan merancang bekisting, yaitu :

1. Kualitas : Bekisting harus didesain dan dibuat dengan kekakuan (stiffness) dan keakurasian sehingga bentuk, ukuran, posisi dan penyelesaian dari pengecoran dapat dilaksanakan sesuai gambar desain.
2. Keselamatan : Bekisting harus didirikan dengan kekuatan yang cukup dan faktor keamanan yang memadai sehingga sanggup menahan/menyangga seluruh beban hidup dan mati tanpa mengalami keruntuhan atau berbahaya bagi pekerja dan konstruksi beton.

[1] Korespondensi penulis: Abdullah Latip, Telp 08114007399, latip-uh03@poliupg.ac.id

3. Ekonomis ; Bekisting harus di buat secara efisien, meminimalisasi waktu dan biaya dalam proses pelaksanaan dan jadwal proyek demi keuntungan kontraktor dan owner (pemilik).

Bekisting adalah cetakan beton yang merupakan konstruksi sementara yang di dalamnya, atau di atasnya dapat disetel baja tulangan dan sebagai wadah dari adonan beton yang dicor sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Beberapa pendapat para ahli mengenai bekisting antara lain:

a. Bekisting merupkan pekerjaan yang penting didalam pelaksanaan pekerjaan beton, karena bentuk, posisi, serta ukuran dari beton ditentukan oleh pekerjaan bekisting dan sebagai struktur penyangga sementara bagi seluruh beban pada pekerjaan beton, serta pertimbangan-pertimbangan optimasi biaya dalam perencanaan bekisting untuk pekerjaan beton dimana akan melibatkan beberapa faktor biaya, seperti:
   1. Harga bahan
   2. Upah pembuatan, pemasangan dan pembongkaran
   3. Biaya penggunaan alat-alat
   4. Siklus pemakaian ulang pada material bekisting.
b. Usaha-usaha pengendalian biaya merupakan salah satu potensi untuk dalam penghematan total biaya proyek yang akan di keluarkan meliputi:
   1. Dalam perancangan suatu sistem agar selalu memperhatikan aspek biaya
   2. Menghindari rancangan yang berlebihan
   3. Menggunakan pendekatan berdasarkan optimasi desain.

Bagian pekerjaan bekisting ini sangat penting didalam seluruh pelaksanaan pekerjaan beton, karena pekerjaan ini akan menentukan posisi , ukuran serta bentuk dari beton yang dicetak. Bekisting juga berfungsi sebagai struktur penyangga sementara bagi seluruh beban yang ada sebelum struktur beton berfungsi penuh. Beban tersebut bahan – bahan, alat – alat dan pekerja yang bekerja.

Bahan bekisting dapat dikatakan baik apabila memenuhi beberapa persyaratan, antara lain tidak bocor dan tidak menghisap air dalam campuran beton, harus mempunyai tekstur seperti yang ingin dihasilkan, kekuatan bekisting harus diperhatikan, dimensi sesuai dengan perencanaan. Ketelitian (presisi) ukuran (siku, lurus, dimensi tepat), kebersihan dalam bekisting diperiksa sebelum penuangan beton, mudah untuk penyetelan dan pembongkaran.

Tipe Bekisting

Secara garis besar tipe dari bekisting dibedakan menjadi 3, yaitu :

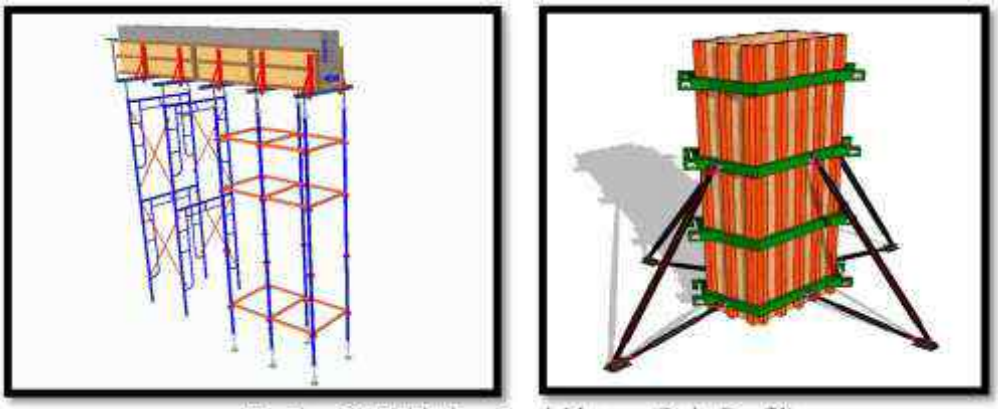
a. Bekisting Konvensional

   Bekisting konvensional adalah bekisting kontak yang tediri dari kayu papan dengan perkuatan kayu kaso. Bekisting jenis ini adalah bekisting yang setiap kali setelah dilepas dan dibongkar menjadi bagian dasar,dapat disusun menjadi sebah bentuk lain. Pada umumnya bekisting kontak terdiri dari kayu papan, sedangkan untuk penopang disusun dari kayu balok dan dari stempel-stempel baja (pada lantai). Penggunaan material pada sistem ini hanya beberapa kali pengulangan dan untuk konstruksi yang rumit harus banyak dilakukan penggergajian. Dalam hal biaya, investasi bekisting konvensional pada awalnya dapat dikatakan rendah,akan tetapi karena adanya penggergajian pada saat pelaksanaan yang akan memakan waktu,bahan dan ongkos kerja.

Gambar 1. Bekisting Konvensional

b. Bekisting Semi Sistem

Tipe bekisitng semi modern merupakan bekisting yang peralatan dan perlengkapannya menggunakan gabungan antara kayu dan bahan fabrikasi. Kelebihan dari bekisting ini adalah adanya penghematan biaya karena kayu bukan material utama pada bekisting jenis ini. Kayu hanya digunakan pada bagian tertentu menggunakan bahan plywood.



Gambar 2. Bekisting Semi Sistem (Baja Profil)

c. Bekisting Sistem

Keseluruhan material yang digunakan pada sistem ini adalah material-material fabrikasi. Karena pemasangannya sudah sangat disederhanakan, segi kerja teknisnya pun sangat ringan. Akan tetapi, pembelian bekisting ini sangat mahal.

Gambar 3. Bekisting Sistem

Kontrol Kekuatan Bekisting Semi Sistem

1. Tahanan lentur

$$\sigma = \frac{M_m}{W_x} < 0{,}9\, f \qquad (1)$$

σ = Tegangan yang terjadi pada Profil Baja (N/mm^2 atau MPa)
M_{max} = Momen Maksimum yang terjadi (N.mm)
W_x = Momen Lawan Profil Baja (mm^3)

2. Tahanan geser

$$\sigma = \frac{V_m}{A} < 0{,}75\, f \qquad (2)$$

V_{max} = Gaya geser maksimum (N)
Aw = Luas penampang web profil baja CNP (mm^2)

3. Kontrol lendutan
   a. Lendutan ijin (f_{ijin})

$$f_i = \frac{L}{4} \qquad (3)$$

L = panjang bentang (mm)

   b. Lendutan maksimum (f_{max})

$$f_m = \frac{5}{3}\frac{wL^4}{E \cdot I} \qquad (4)$$

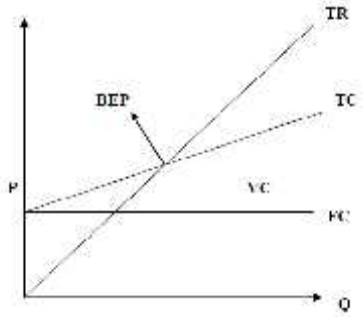
I = momen inersia (mm) w = pembebanan (kN/m)
L = panjang bentang (mm) E' = modulus elastisitas (MPa)

Break Even Point (Titik Impas)

Break Even Point (BEP) dapat diartikan sebagai suatu titik atau keadaan dimana perusahaan di dalam operasinya tidak memperoleh keuntungan dan tidak menderita kerugian. Biaya yang dikeluarkan perusahaan dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Variabel Cost (biaya Variabel)
   Variabel cost merupakan jenis biaya yang selalu berubah sesuai dengan perubahan volume penjualan, dimana perubahannya tercermin dalam biaya variabel total. Dalam pengertian ini biaya variabel dapat dihitung berdasarkan persentase tertentu dari penjualan, atau variabel cost per unit dikalikan dengan penjualan dalam unit.
b. Fixed Cost (biaya tetap)
   Fixed cost merupakan jenis biaya yang selalu tetap dan tidak terpengaruh oleh volume penjualan melainkan dihubungkan dengan waktu(function of time) sehingga jenis biaya ini akan konstan selama periode tertentu. Contoh biaya sewa, depresiasi, bunga. Berproduksi atau tidaknya perusahaan biaya ini tetap dikeluarkan.
c. Semi Varibel Cost
   Semi variabel cost merupakan jenis biaya yang sebagian variabel dan sebagian tetap, yang kadang-kadang disebut dengan semi fixed cost. Biaya yang tergolong jenis ini misalnya: Sales expense atau komisi bagi salesman dimana komisi bagi salesman ini tetap unutk range atau volume tertentu, dan naik pada level yang lebih tinggi.

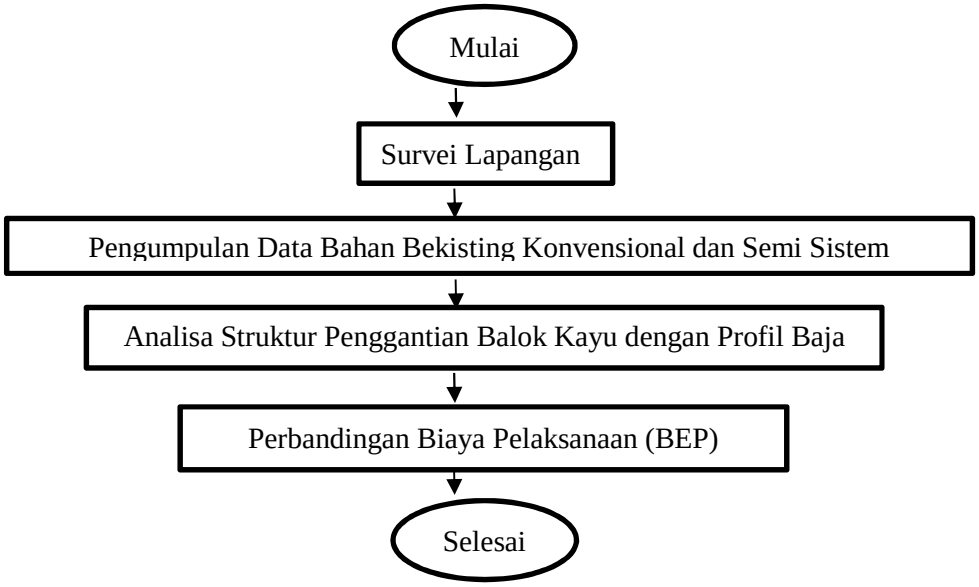
Analisis break event point dengan pendekatan grafis dengan suatu grafik yang disebut bagan break event point. Perhitungan break event point dapat dilakukan dengan cara menemukan titik pertemuan atau titik potong antara garis pendapatan penjualan dengan titik biaya. Titik pertemuan tersebut merupakan titik break event point. Dalam penelitian ini BEP digunakan sebagai parameter untuk menentukan pada volume berapa meter persegi harga bekesting semi system telah menyamai harga bekesting konvensional, dimana kita ketahui bahwa bekesting semi sitem membutuhkan investasi awal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan bekesting konvensional. Hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, total pendapatan penjualan dan total biaya dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut ini:



Keterangan:
TR = Total Recenue
TC = Total Cost
VC = Variabel Cost
FC = Fixed Cost
P = Price
Q = Quantity

Gambar 4. Grafik Break Even Point (BEP)

2. METODE PENELITIAN



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Kampus STIBA di kota Makassar, khususnya pada Gedung Female Class dan Male Class. Objek bekesting yang ditinjau pada balok.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey pada proyek tersebut diatas terdapat perbedaan penggunaan material pada kedua jenis bekesting yaitu pada bekesting konvensional menggunakan kayu hampir pada semua komponen bekesting, sedangkan pada bekesting semi sistem menggunakan perpaduan material kayu dan baja profil. Untuk memastikan bahwa penggantian material kayu dengan material baja profil aman dalam menerima beban maka dilakukan analisis terhadap kekuatan dan kekakuan profil baja seperti yang ditampilkan pada tabel 1 dibawah. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa seluruh material pengganti telah memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sebagai pengganti material kayu pada bekesting semi sistem.

Tabel 1. Hasil analisis kekuatan dan kekakuan bekesting semi sistem

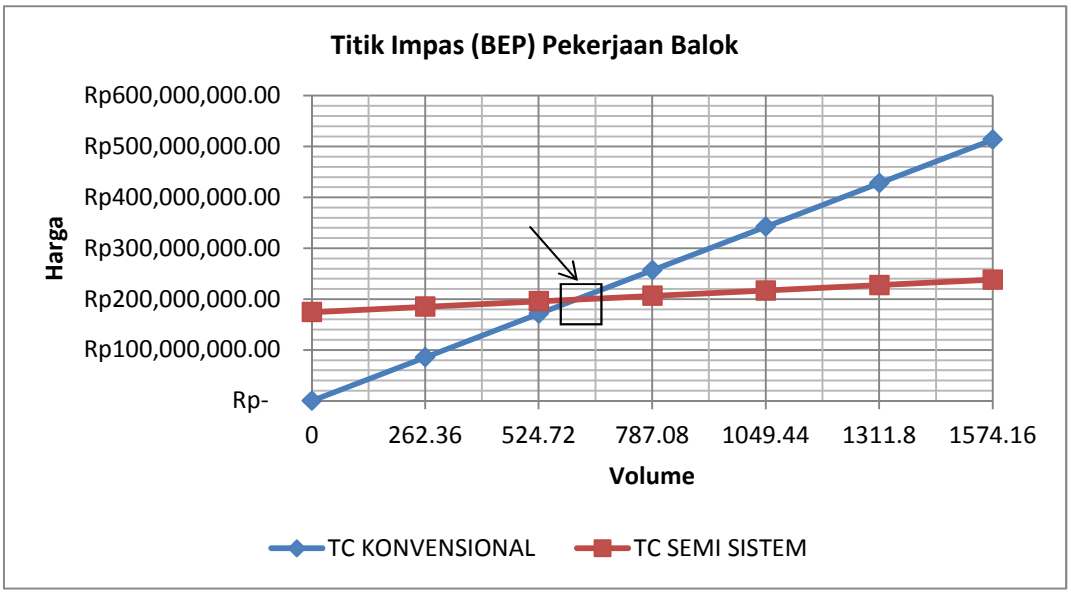
Bekisting Semi Sistem	Hasil perhitungan			
	Persyaratan	Kondisi Aktual		Syarat
Kolom (Baja kanal)	Tahanan Lentur	57.43 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	31.708 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	0.67 mm	≤	2,67 mm
Balok (Baja siku)	Tahanan Lentur	132.45 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	7.2 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	3.47 mm	≤	4 mm
Gelagar utama (Baja kanal)	Tahanan Lentur	4.34 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	2.4 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	0.67 mm	≤	2.67 mm
Gelagar anak (Hollow)	Tahanan Lentur	104.94 Mpa	≤	216 Mpa
	Tahanan Geser	2 Mpa	≤	180 Mpa
	Lendutan	3.47 mm	≤	4 mm

Berdasarkan hasil analisa harga satuan pekerjaan baik untuk bekesting konvensional maupun bekesting semi sistem maka diperoleh harga total pekerjaan seperti yang terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan total biaya kedua jenis bekesting

Volume (m^2)	Total Biaya Bekesting Konvensional		Total Biaya Bekesting Semi Sistem	
0	Rp	-	Rp	174.256.708,26
262,36	Rp	85.593.848,09	Rp	184.912.354,72
524,72	Rp	171.187.696,18	Rp	195.568.001,17
787,08	Rp	256.781.544,26	Rp	206.223.647,63
1049,44	Rp	342.375.392,35	Rp	216.879.294,09
1311,80	Rp	427.969.240,44	Rp	227.534.940,54
1574,16	Rp	513.563.088,53	Rp	238.190.587,00

Berdasarkan grafik BEP diatas terlihat bahwa pada awal proyek total cost pekerjaan bekesting semi sistem cukup besar, hal ini akibat mahalnya biaya pengadaan material. Namun dengan bertambahnya volume pekerjaan, harga bekesting konvensional akan semakin meningkat sedangkan bekesting semi kenaikan harga cenderung lebih sedikit karena material yang digunakan lebih awet dan dapat dipakai secara berulang. Pada saat volume kerja melebihi 750 m^2 maka total biaya bekesting konvensional menjadi lebih mahal jika dibandingkan dengan bekesting semi sistem.



Gambar 6. Grafik penentuan BEP Bekesting Semi Sistem

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Hasil analisis kekuatan dan kekakuan profil baja sebagai pengganti material kayu telah memenuhi persyaratan baik lentur, geser maupun lendutan ijin.
2. Pada awal proyek biaya pengadaan material bekesting semi sistem cukup mahal, namun seiring bertambahnya volume kenaikan biaya cenderung lebih kecil karena material yang dapat dipakai berulang.
3. Pada saat volume pekerjaan melebihi 750 m^2 maka total biaya bekesting konvensional menjadi lebih mahal jika dibandingkan dengan bekesting semi sistem.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Agustinus Wicaksono, Paduan Konsumen Memilih Konstruksi Baja Ringan Ed.1., Yokyakarta:Penerbit CV.Andi Offset, 2011

[2] American Institute of Steel Construction, inc, *Manual of Steel Constuction Allowable Stress Design*. Chicago, 1989

[3] Badan Standarisasi Nasional, SNI 2017-2018 Pekerjaan Arsitektural Dan Sipil.Analisa Harga Satuan Pekerjaan Data Pembaharuan dan Penyesuaian, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017

[4] Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7973-2013. *Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2013
[5] Dipohusodo,I., *Struktur Beton*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1994
[6] Esti Legstyana, Komparasi Biaya Pelaksanaan Penggunaan Bekisting Konvensional Dan Bekisting Sistem Peri, Surakarta: Penerbit Universitas Sebelas Maret, 2012
[7] Oenteng, Konstruksi Baja Ed.1 Cet Ke-2. Yogyakarta: Penerbit LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya Dan Andi Yogyakarta, 2002
[8] Rudi Gunawan, Tabel Profil Konstruksi Baja, Yogyakarta:Penerbit.Kasinius, 1988
[9] Sony Prakoso Nugroho, Analisis Perbandingan Biaya Bekisting Antara Bekisting Multiplek Dan Bekisting Tegofilm Untuk Kolom Gedung Bertingkat.Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018
[10] Wigbout, F. Ing., Buku Pedoman Tentang Bekisting (Kotak Cetak) Diterjemahkan oleh: Hendarsin H. Jakarta: Erlangga, 1992
[11] Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.1978.Peraturan konstruksi Kayu Indonesia NI-5 PKKI 1961

PEMANAATAN ABU TERBANG BATU BARA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN UNTUK CAMPURAN BETON

Muhammad Idris[1)], Ashari Ibrahim[2)]
[1).2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang,Makassar*

ABSTRACT

The current trend due to rising prices of industrial diesel oil, many companies have turned to using coal as fuel. Coal that has been used as fuel will create a new problem, namely industrial waste in the form of fly ash which can cause environmental pollution so that it needs to be utilized. Fly ash is pozzolanic so it can react with lime at room temperature and through the medium of water to form cementitious compounds like cement. This study aims to determine the effect of the use of fly ash as a partial substitute for cement on the K-250 concrete compressive strength. Procedure: with the Bili-Bili aggregate characteristics, the K-250 concrete mixture design, adding the Jeneponto PLTU coal fly ash as a substitute for PCC cement: 15%, 30%, and 45%, making concrete cube specimens 150 mm x 150 mm x 150 mm , curing, concrete press test 7 days, 28 days and 90 days. The results showed that the concrete age of 7 days there was a decrease in the compressive strength of the average concrete, the percentage of the average compressive strength reduction of normal concrete 0% to concrete fly ash 15%, 30%, and 45% respectively: 4.6%, 15.7% and 27.9%. Concrete age of 28 days, the percentage of compressive strength decrease - average of 0% normal concrete to fly ash concrete: 30%, and 45% respectively: 6.6%, and 21.8%, while 15% fly ash concrete, occurred percentage increase: 1.2%. Concrete age of 90 days there was a decrease in compressive strength on average at 45% fly ash, the percentage reduction in average compressive strength of normal concrete 0% to 45% fly ash concrete was: 5.7%, while 15% and 30% fly ash concrete an increase in compressive strength average of concrete: 1.28%, 3.8%. The use of coal fly ash (15% to 30% as a substitute for cement) can be applied to the K-250 concrete mixture.

Keywords: *Compressive strength, fly ash, age of concrete*

I.PENDAHULUAN

Secara umum kita melihat bahwa pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat, hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Konstruksi beton dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan (Rigid Pavement), jembatan, bendung, saluran, beton pracetak, beton pratekan, panel – panel beton dan lain lain. Berdasarkan kegunaan dan perkembangan ini maka sangat dibutuhkan pengembangan pengetahuan mengenai sifat – sifat beton agar kualitas pelaksanaan konstruksi beton tetap terjamin.

Batu bara adalah bahan bakar fosil yang tersedia dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton. Jumlah tersebut 67% tersebar di Sumatera, 32% di Kalimantan dan sisanya tersebar di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Batu bara sebagai bahan bakar banyak digunakan di PLTU(Termasuk PLTU Jeneponto Sulawesi-Selatan) . Kecenderungan dewasa ini akibat naiknya harga minyak diesel industri, maka banyak perusahaan yang baralih menggunakan batu bara sebagai bahan bakar.

Batu bara yang telah digunakan sebagai bahan bakar akan menimbulkan masalah baru yaitu limbah indstri berupa abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatan pencemaran karena mengandung beberapa elemen beracun seperti arsenik, vanadium, antimony, boron dan chronium. Dengan demikian limbah ini perlu dimanfaatkan agar dampak terhadap pencemaran lingkungan dapat dikurangi. *Fly ash* bersifat *pozzolan* sehingga dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dan melalui media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat (*cementitious*) sama seperti semen. Salah satu cara mengurangi limbah tersebut adalah memanfaatkan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen kedalam campuran beton (Sumajou ,2013).

Fly ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos saringan no.325(45 milimikron) 5-25%, *spesific gravity* 2,15-2,8 dan berwarna abu – abu kehitaman(ACI Committe 226). Abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat *pozolanik* (SNI 03-6863-2002). Kecenderungan dewasa ini akibat naiknya harga minyak diesel industri, maka banyak perusahaan yang baralih menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Fly ash kelas F: merupakan fly ash (CaO < 10%) yang diproduksi dari

[1] Korespondensi penulis : Muhammad Idris.Telp.082196581993, muhammad Idris.ab@poliupg.ac.id

pembakaran batu bara untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan *quick lime, hydrated lime* dan semen. *Fly ash* kelas C: (CaO) > 20% diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat *pozolanic* juga mempunyai sifat self-cementing dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur.

Menurut Idris(2017), mortar yang ditambahkan abu terbang *(fly ash)* sisa pembakaran batu bara PLTU Jeneponto sebagai pengganti sebagian semen PCC (*Portland Cement Composite*) : 10%, 20% dan 30% dapat memperbaiki kualitas mortar mortar. Kuat tekan mortar yang ditambahkan fly ash pada umur 3 hari dan 7 hari secara umum tidak mengalami peningkatan yang signifikan bila dibandingkan dengan mortar tanpa *fly ash*, namun sebaliknya meningkat pada umur 28 hari dan 90 hari. Hal ini menunjukkan bahwa fly ash batu bara mempunyai sifat mengikat sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen. Masalah yang mendasar adalah limbah ini tidak dapat menggantikan semen secara keseluruhan(100%) terhadap campuran beton dan lebih lambat bereaksi dibandingkan semen PCC sehingga berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton . Dengan demikian perlu dikaji berapa persen abu terbang batu bara PLTU Jeneponto ditambahkan kedalam campuran beton sebagai pengganti semen yang memberikan nilai kuat tekan optimal pada umur 7,28 dan 90 hari.Selanjutnya, mutu beton ditentukan berdasarkan nilai kuat tekan karakteristik beton(K). Mutu beton karakteristik yang umum diterapkan pada konstruksi bangunan adalah: K-225, K-250,K-300. Mutu beton normal (tanpa menggunakan fly ash) yang direncanakan dalam penelitian ini adalah K-250 (kuat tekan minimum adalah 250kg/cm2 pada umur 28 hari dengan menggunakan kubus beton 15cmx15cmx15cm).

Penelitian terdahulu adalah : Soni(2015), campuran beton yang mengandung fly ash batu bara (sebagai pengganti sebagian semen) hingga 30% menghasilkan kuat tekan kurang lebih sama dengan kuat tekan beton tanpa fly ash. Goud (2016), campuran beton yang mengandung fly ash batu bara (sebagai pengganti sebagian semen) hingga 30% menghasilkan kuat tekan yang baik pada umur 28 hari dan meningkatkan tingkat kemudahan pemadatan campuran beton(*workability* meningkat). Kumar(2018), penambahan fly ash batu bara hingga 40% umur 28 hari dan 56 hari menghasilkan campuran beton yang ekonomis dan bermanfaat terhadap lingkungan(mengurangi limbah industri). Karthikeyan(2017), penambahan fly ash batu bara hingga 50% umur 56 hari menghasilkan sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik, dan lentur) lebih tinggi terhadap beton tanpa fly ash batu bara. Subramani dkk(2017), penambahan fly ash batu bara hingga 40% umur 28 hari menghasilkan kuat tekan dan durabilitas(ketahanan beton dalam berbagai kondisi) maksimum. Dermawan(2018), limbah sandblasting dan fly ash batu bara dapat meningkatkan kuat tekan beton dan konsentrasi penambahan logam berat berada dibawah baku mutu TCLP(Toxicity Characterisistic Leaching Procedure). Danasi (2015), penambahan fly ash batu bara hingga 25% umur 28 hari menghasilkan modulus elastisitas beton 15,08% dibanding beton tanpa fly ash batu bara. Martinus dkk(2015), penggunaan High Volume Fly Ash(HVFA) yaitu 30% umur 28 hari dapat digunakan untuk konstruksi struktural dan 40-50% untuk konstruksi nonstruktural. Jyoti(2017), penggunaan fly ash sebagai pengganti semen atau agregat halus meningkatkan kuat tekan beton dan *workability* yang disebabkan oleh aktifitas pozzolanic. Berdasarkan penelitian tersebut diatas menunjukkan hasil kuat tekan dan persentase fly ash batu bara yang ditambahkan ke dalam campuran beton sangat bervariasi, namun secara umum menghasilkan beton yang memenuhi mutu yang direncanakan. Hal ini disebabkan oleh kelas mutu beton, jenis semen dan kandungan kimia fly ash batu bara yang digunakan dalam penelitian tidak sama.

Kekuatan tekan beton adalah kriteria untuk menentukan kualitas beton, dimana prosedur pengukuran didasarkan pada SK SNI T – 15 – 1990 – 03. Pembebanan pada pengujian kuat tekan termasuk pembebanan statik monotonic dengan menggunakan alat uji tekan(*compressive test).* Beban yang bekerja akan terdistribusi melalui titik berat adalah:

$$f_{c28} = P/A$$

$$f_{cr} = \frac{\sum^{n} f_{c28}}{n}$$

f_{c28}(kuat tekan masing-masing benda uji (kg/cm^2) , fcr (kuat tekan rata-rata benda uji (kg/cm^2), P(beban maksimum, kg), A(luas penampang (cm^2) dan (jumlah benda uji).

Urgensi penelitian ini diharapkan memberi kontribusi yang sangat bermanfaat pada konstruksi ketekniksipilan, terutama yang menyangkut beton ramah lingkungan *(Environmentally Friendly).* Urgensi penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan limbah industri *fly ash* dan mengurangi penggunaan semen

agar emisi karbon dioksida (CO2) dapat dikurangi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan *fly ash* batu bara sebagai pengganti sebagian semen (*0%, 15%, 30%, dan 45%)* pada campuran beton K-250 pada umur 7, 28, dan 90 hari. Berdasarkan kuat tekan yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat direkomendasikan persentase maksimum *fly ash* PLTU Jenepoto yang layak digunakan dalam campuran beton K250 (*fly ash* sebagai pengganti sebagian semen).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian berlangsung selama 8 (delapan) bulan. Pengujian karakteristik pasir dan batu pecah, pembuatan benda uji dilakukan di Labortorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil PNUP.Uji karakteristik : timbangan digital, saringan, oven dan lain – lain. . Pembuatan kubus beton : timbangan , mixer , cetakan kubus beton 15cmx15cmx15cm , slump test, dan bak perendam . Uji tekan : mesin uji tekan kapasitas 2000 kN. Bahan penelitian: semen PCC, fly ash batu bara PLTU Jeneponto, Pasir Bili – Bili, batu pecah Bili – Bili, dan air bersih. Proses pengambilan data : uji kualitas pasir , uji kualitas batu pecah, , rancangan campuran beton normal K-250, membuat benda uji kubus beton 15cmx15cmx15cm dengan penambahan fly ash batu bara 0%,15%,30% dan 45% (penggani semen). Selanjutnya perawatan benda uji dalam air bersih, dan uji tekan beton umur 7 , 28, dan 90 hari. Matrik sampel uji kuat tekan seperti pada Tabel 2.1. Jumlah semen, *fly ash* batu bara, pasir, batu pecah dan air yang dibutuhkan /m3 ditentukan berdasarkan hasil rancangan beton K-250 menggunakan metode Departement of Environment (DoE).

Tabel 2.1 Matriks sampel uji kuat tekan beton

No.	Persentase *fly ash*	Persentase PCC	Jumlah kubus beton			Total sampel (buah)
			7 hari	28 hari	90 hari	
1	0%	100%	5	5	5	15
2	15%	85%	5	5	5	15
3	30%	70%	5	5	5	15
4	45%	55%	5	5	5	15
Total kubus beton						60

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji karakteristik agregat

Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

Analisa karakteristik agregat halus ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari pasir yang akan digunakan sebagai material dalam pembuatan campuran beton. Pasir yang digunakan berasal dari daerah Bili-Bili, kabupten Gowa. Hasil dari pengujian karakteristik ageregat halus dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Hasil uji agregat halus(pasir)

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Uji	Standar Uji
1	Kadar Air	3,0% – 5,0 %	3,966 %	SNI 1971-2011
2	Kadar Lumpur (<75µm (no.200)	0,2% - 6,0%	4,899	SNI 03-4142-1996
3	Kadar Organik	Kuning (≤ 3)	Kuning Bening (1)	SNI 03-4141-1996
4	Modulus Kehalusan	2,2 – 3,1	2,026	SNI 03-1968-1990
5	Berat Volume	1,4 kg/ltr – 1,90 kg/ltr	1,423	SNI 03-4804-1998
6	Berat Jenis SSD	1,60 – 3,20	2,574	SNI 03 - 1969-1990
7	Penyerapan	0,20% - 2,00%	1,85	SNI 03 - 1969-1990

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa kualitas pasir (agregat halus) memenuhi standar pengujian, sehingga layak digunakan sebagai bahan campuran dalam produksi beton.

Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

Analisa agregat kasar ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari batu pecah yang akan digunakan sebagai material dalam pembuatan campuran beton. Batu Pecah yang digunakan berasal dari daerah Bili-Bili, kabupten Gowa. Hasil dari pengujian karakteristik ageregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.2 Hasil uji agregat kasar(batu pecah) ukuran 10-20 mm

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Uji	Standar Uji
1	Kadar Air	0,5% – 2,0 %	1,802 %	SNI 1971-2011
2	Kadar Lumpur (<75µm (no.200)	0,2% - 1,0%	0,910%	SNI 03-4142-1996
3	Modulus Kehalusan	5,50 – 8,50	6,928	SNI 03-1968-1990
4	Berat Volume	1,4 kg/ltr – 1,90 kg/ltr	1,456	SNI 03-4804-1998
5	Berat Jenis SSD	1,60 – 3,20	2,568	SNI 03 - 1969-1990
6	Penyerapan	0,20% - 4,00%	1,30	SNI 03 - 1969-1990

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Tabel 3.3 Hasil uji agregat kasar(batu pecah) ukuran 20-30 mm

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Uji	Standar Uji
1	Kadar Air	0,5% – 2,0 %	1,735 %	SNI 1971-2011
2	Kadar Lumpur (<75µm (no.200)	0,2% - 1,0%	0,51%	SNI 03-4142-1996
3	Modulus Kehalusan	5,50 – 8,50	7,839	SNI 03-1968-1990
4	Berat Volume	1,4 kg/ltr – 1,90 kg/ltr	1,437	SNI 03-4804-1998
5	Berat Jenis SSD	1,60 – 3,20	2,593	SNI 03 - 1969-1990
6	Penyerapan	0,20% - 4,00%	1,27	SNI 03 - 1969-1990

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Tabel 3.2. dan Tabel 3.3 menunjukkan bahwa kualitas batu pecah (agregat kasar) memenuhi standar pengujian, sehingga layak digunakan sebagai bahan campuran dalam produksi beton.

3.2. Hasil uji tekan kubus

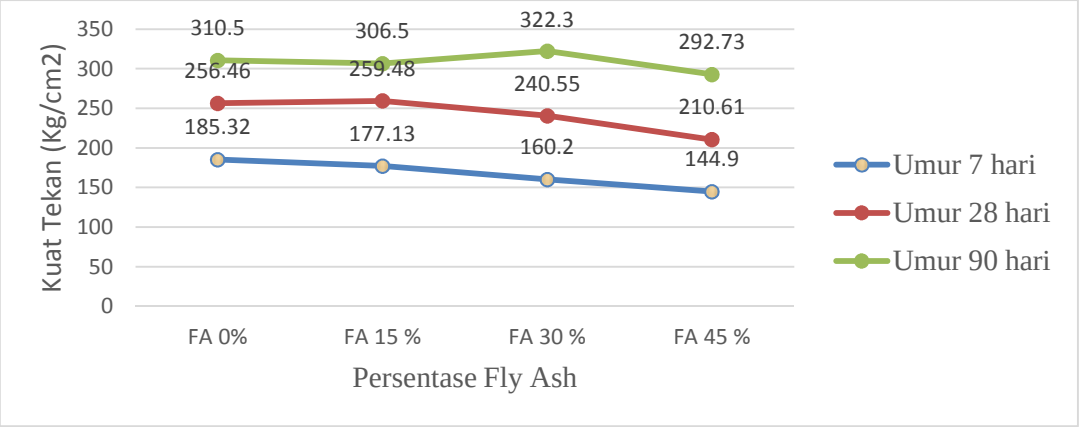
Hasil uji kuat tekan rata – rata kubus kubus untuk semua perlakuan beton FA-0%,FA-15%,FA-30% dan FA-45% pada umur 7, 28 dan 90 hari disajikan pada Tabel 3.4. Nilai slump untuk beton normal maupun beton yang menggunakan *fly ash* memenuhi sarat yaitu 60-180 mm. Makin tinggi persentase *fly ash* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen, menyebabkan nilai slump semakin meningkat (meningkakan *workability* beton), hal ini disebabkan bentuk partikel dari *fly ash* yang bulat dan sangat halus.Berdasarkan Tabel 3.1 dan Grafik 3.1. memperlihatkan bahwa hasil kuat tekan beton pada umur 7,28, dan 90 hari untuk semua perlakuan beton. Kuat tekan rata – rata beton dengan perlakuan FA-0%,FA-15%,FA-30% dan FA 4 5% berturut – turut untuk beton umur 7 hari: 185,32kg/cm2, 177,13kg/cm2, 160,20kg/cm2 dan 144,90kg/cm2, umur 28 hari berturut – turut : 256,46kg/cm2, 259,48kg/cm2,240,55kg/cm2 dan 210,61kg/cm2, umur 90 hari berturut – turut : 310,10kg/cm2,306,49kg/cm2, 322,88kg/cm2 dan 292,73kg/cm2. Umur awal beton yaitu 7 hari terjadi penurunan kekuatan tekan, persentase penurunan kuat tekan beton : FA-15%, FA-30% dan FA 45% terhadap FA-0% berturut- turut : 4,6%,15,7%, dan 27,9% . Umur beton 28 hari hanya terjadi penurunan kuat tekan beton : FA-30% dan FA 45% yaitu: 6,6%, dan 21,8% dan FA-15% terjadi peningkatan kuat tekan beton : 1,2% . Selanjutya, umur beton 90 hari, FA-15% dan FA-30% terjadi peningkatan kuat tekan beton berturut – tururut : 1,28%, 3,8% dan terjadi penurunan pada FA-45% sebesar :5,7%. Hal yang menyebabkan lambatnya pengaruh penggunaan *fly ash* pada umur awal beton disebabkan reaksi senyawa *kalsium hidroksida*, $Ca(OH)_2$ yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa silika yang ada pada *fly ash* berlangsung lambat sehingga terbentuknya *calcium silica hidrat* (CSH) lebih lama (di atas 28 hari), selanjutnya senyawa CSH ini yang memberikan kekuatan tambahan pada beton. Secara mekanik ukuran butiran *fly ash* yang lebih halus akan meningkatkan kerapatan beton, yang pada akhirnya meningkatkan kuat tekan beton. Jyoti(2017), penggunaan *fly ash* sebagai pengganti semen atau agregat halus meningkatkan kuat tekan beton dan *workability* yang disebabkan oleh aktifitas *pozzolanic*.

Tabel 3.4.Hasil uji kuat kubus beton

No.	Perlakuan beton	Kuat tekan rata –rata (kg/cm2)			Rata-rata slump(mm)
		Umur 7 hari	Umur 28 hari	Umur 90 hari	
1.	FA-0%	185,32	256,46	310,50	85

2.	FA-15%	177,13	259,48	306,49	85
3.	FA-30%	160,20	240,55	322,88	100
4.	FA-45%	144,90	210,61	292,73	115

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)



Grafik 3.1.Hasil kuat tekan rata –rata beton

Berasarkan hasil penelitian untuk semua perlakuan penggunaan limbah hasil pembakaran batu bara berupa abu terbang (*fly ash*) PLTU Jeneponto sebagai pengganti semen dengan persentase 15%,30%, dan 45%. Persentase maksimum abu terbang batu bara PLTU Jeneponto sebagai pengganti semen yang direkomendasikan yaitu maksimum 30%. Pemanfaatan persentase 30% sebagai pengganti semen ini sangat bermanfaat terhadap efisiensi biaya pembuatan beton setiap 1m^3. Mengurangi penggunaan semen (produksi semen dapat direduksi sejumlah 30%) secara tidak langsung mengurangi produksi CO_2. Salah satu cara mengurangi limbah tersebut adalah memanfaatkan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen kedalam campuran beton (Sumajou ,2013). Goud (2016), campuran beton yang mengandung *fly ash* batu bara (sebagai pengganti sebagian semen) hingga 30% menghasilkan kuat tekan yang baik pada umur 28 hari dan meningkatkan tingkat kemudahan pemadatan campuran beton(*workability* meningkat). Kumar(2018), penambahan fly ash batu bara hingga 40% umur 28 hari dan 56 hari menghasilkan campuran beton yang ekonomis dan bermanfaat terhadap lingkungan(mengurangi limbah industri). Produksi semen menghasilkan sejumlah karbon dioksida(CO2) secara signifikan yang menyebabkan timbulnya efek rumah kaca (a greenhouse gas effect). Sejumlah 65% pemanasan global (Global Warming) disebabkan oleh emisi CO2, sekitar 6% bersumber dari industry semen (produksi satu ton semen portlan memancarkan kira – kira satu ton CO2 ke dalam atmosfir.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan hasil evaluasi penelitian dengan menggunakan *fly ash* batu bara sebagai bahan pengganti sebagian semen, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Beton umur 7 hari terjadi penurunan kuat tekan beton rata - rata, persentase penurunan kuat tekan rata – rata beton noramal 0% terhadap beton *fly ash* 15%,30%, dan 45% berturut – turut : 4,6%,15,7%, dan 27,9% .
2. Beton umur 28 hari, persentase penurunan kuat tekan rata – rata beton noramal 0% terhadap beton fly ash : 30%, dan 45% berturut – turut : 6,6%, dan 21,8%. Sedangkan beton *fly ash* 15 %, terjadi peningkatan persentase :1,2%
3. Beton umur 90 hari terjadi penurunan kuat tekan rata – rata pada *fly ash* 45%, persentase penurunan kuat tekan rata – rata beton noramal 0% terhadap beton fly ash 45% adalah : 5,7%, sedangkan beton fly ash 15 % dan 30% terjadi peningkatan kuat tekan rata –rata beton : 1,28%, 3,8% .
4. Penggunaan abu terbang (fly ash) batu bara 15% sampai dengan 30% sebagai pengganti semen dapat diaplikasikan kedalam campuran beton K-250.

V. REFERENSI

ACI.Manual of Concrete Practice.1993 parts 1 226.3R-3

Danasi,M.,dan Lisantono,A.2015. Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Silica Fume dan Filler Pasir Kwarsa. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (Konteks 9). Oktober-2015.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Dermawan,D dan Ashari,Moch.L.2018. Studi Komparasi Kelayakan Teknis dan Lingkungan Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton. Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan.Volume:15 No: 01 /Maret-2018.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Goud,V and Soni,N.2016. Partial Replacement of Cement with Fly Ash In Concrete And Its Effect.IOSR Journal of Engineering(IOSRJEN).Vol.106Issue 10(Oct.2016).(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019)

Jyoti, and Kumar,P. 2017. Partial Replacement of Cement with Fly Ash for Concrete Pavement: A Review. International Journal of Technical Research (IJTR).Volume:06 Issue :01 /Mar-Apr-2017. (http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Karthikeyan,R.M., and Suryakumaran,K 2017. Mechanical Properties of High Volume Fly Ash Concrete. International Journal of ChemTech Research.Volume:10 No :08 /2017.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Kumar S,V.,Rao,A.V.2018. Experimental Investigation on Flexural Behaviour of Fly Ash Concrete by Replacing Sand with M-Sand. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).Volume:09 Issue :06 /June-2018.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Martinus,A.P.,Sumajouw,M,D,J., dan Windah,R,S.2015. Pengaruh Penambahan Ab Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.11 Nopember 2015.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Muhammad Idris,dan Hasriana (2017). Analisis Kualitas Mortar yang Ditambahkan Abu Terbang(Fly Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017(pp129-132)

Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton. Jogyakarta: Andi

Samekto, W dan Candra, R. 2000. Teknologi Beton. Jogyakarta : Kanisius.

Soni,Rakesh.2005. Behaviour of Fl Ash in Cement-Concrete Pavement. International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET).Volume:02 Issue :05 /August-2015.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Subramani,T.,Sengottaiyan,R.,Kumar,K.R.,Kumar,V.A., and Sood,S.S.S.2017.An Experimental Investigation On Mineral Admixture For High Performance Of Concrete. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM).Volume:06 Issue :05 /May-2017.(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019).

Sumajouw M.D.J dan Dapas S.O.2013. Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer. Jogyakarta :Andi.

SNI. T. 15-1990-03. 1990. Tata Cara Pembuatan Rencana Campur Beton Normal.

. Bandung: Yayasan LPMB(http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019)

SNI 03-6863-2002. Metode Pengambilan Contoh Dan Pengujian Abu Terbang Atau Pozzolan Alam Sebagai Mineral Pengcampur Dalam Beton Semen Portland. (http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019)

SNI.T-15-1990-03. Tata Cara Pembuatan Rancangan Campuran Beton. (http://www.google, diakses 5 Pebruari 2019)

PEMANFAATAN LIMBAH SEBAGAI MATERIAL BATA MERAH PEJAL

Markus L. Parura[1)], Ermitha Ambun RD[1)] , Reni Oktaviani Tarru[2)]
[1)] *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil UKI Toraja, Rantepao*
[2),3)] *Dosen Program Studi Teknik Sipil UKI Toraja, Rantepao*

ABSTRACT

Plastic has become an inseparable item in human life, but the negative impacts caused must be borne by nature because the existence of plastic waste is very large. Therefore we as actors who contribute to this environmental pollution must find a solution to solve the problem. The purpose of this study was to determine the exact composition and compressive strength of bricks made from plastic waste, dry soil and rice husk so that it could be utilized as a material in the construction field. The benefits are expected to help reduce various types of plastic waste and become a new construction material for civil engineering. The method used is trial and error method by mixing rice husk and dry soil material into a container containing plastic waste that has melted or melted and then stirred until evenly distributed, after which it is printed on prepared molds. The hardened mixture is then tested compressed to determine the compressive strength. The results of the research provide a formulation of the composition of plastic waste, rice husks and dry soil can fall well and can be formed into a brick product that can be applied to the construction of building walls. The best percentage of composition obtained for plastic waste material is 51%, dry soil 41% and rice husk 8%. Obtained the water absorption of 3.76% bricks and compressive strength of 140 kg / cm2. The results of the production of these bricks are of very good quality because they fulfill all the elements required by SNI 15-2094-2000 regarding solid red bricks for wall pairs.

Keywords*: Brick, Compressive Strength, Plastic Waste*

1. PENDAHULUAN

Keberadaan sampah plastik adalah suatu permasalahan global, sementara Indonesia saat ini dinobatkan sebagai salah satu negara penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah Cina. Data tentang persoalan pengelolaan sampah masih menjadi pekerjaan rumah besar bagi Indonesia. Riset terbaru Sustainable Waste Indonesia (SWI) mengungkapkan sebanyak 24 persen sampah di Indonesia masih tidak terkelola. Ini artinya, dari sekitar 65 juta ton sampah yang diproduksi di Indonesia tiap hari, sekitar 15 juta ton mengotori ekosistem dan lingkungan karena tidak ditangani. Sedangkan, 7 persen sampah didaur ulang dan 69 persen sampah berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Dari laporan itu diketahui juga jenis sampah yang paling banyak dihasilkan adalah sampah organik sebanyak 60 persen, sampah plastik 14 persen, diikuti sampah kertas (9%), metal (4,3%), kaca, kayu dan bahan lainnya (12,7%) (Jakarta, CNN Indonesia, Rabu, 25/04/2018 11:26 WIB).

Dengan menganalisis data diatas penulis beranggapan bahwa ternyata sampai saat ini masalah sampah plastik di Indonesia masih belum dapat ditangani dengan baik. Oleh karena itu guna menanggulangi masalah tersebut penulis mencari gagasan atau terobosan yang dapat meyelesaikan masalah tersebut. Kemudian dengan membaca beberapa jurnal tentang daur ulang sampah plastik maka peneliti menemukan ide baru yaitu sampah plastik diolah menjadi bata. Penulis ingin mengolah sampah plastik dijadikan bata karena diyakini dengan cara demikian sampah plastik akan cepat habis karena tidak akan minimbulkan sampah plastik berikutnya setelah di aplikasikan pada dinding bangunan konstruksi. Ada beberapa inovasi daur ulang sampah plastik yang berkembang saat ini, misalnya daur ulang sampah plastik dan dijadikan pot bunga, mainan anak-anak dan lain-lain. Namun secara umum sistem daur ulang tersebut akan menimbulkan sampah plastik berikutnya ketika masa berlakunya sudah habis (kadaluarsa atau rusak). Oleh karena itu sistem pengolahan sampah plastik ini harus terus dikembangkan. Urgensi penelitian dengan memanfaatkan sampah plastik, tanah kering dan sekam padi untuk dibuat menjadi bata, dapat menekan kerusakan lingkungan akibat limbah plastik dimana limbah plastik sangat sulit terurai oleh alam. Pada penelitian ini penulis menargetkan sebuah temuan baru dengan memanfaatkan semua jenis sampah plastik, tanah kering dan sekam padi yang diolah menjadi bata dengan spesifikasi terbaru dan diharapakan memiliki kualitas yang baik. Pemanfaatan limbah yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu semua jenis sampah plastik, sekam padi, dan tanah kering biasa yang

[1] Korespondensi penulis: Markus L. Parura, Telp 085299194232, e.comsrkonline@gmail.com

mudah ditemukan disekitar kita (bukan tanah liat). Pemanfaatan limbah ini sangat menguntungkan karena material tersebut sangat banyak dan mudah didapatkan.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prasetyo Ramadhan dkk (2017) dan Neyla Rohmah Mufika (2018) adalah pada metode pengujian dan penggunaan material beserta komposisinya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja. Material yang digunakan adalah berbagai jenis sampah plastic yang diambil dari sekitar lingkungan kampus. Sekam padi diperoleh dari tempat penggilingan padi dan tanah laterit diambil dari sekitar kampus UKI Toraja. Limbah plastic kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel pada plastik. Demikian pula dengan tanah laterit dan sekam padi yang dibersihkan dari material lainnya seperti batu dan akar pohon.

Setelah bahan/material telah siap kemudian dilakukan penentuan komposisi masing-masing bahan batako yang terdiri atas limbah plastik, tanah laterit dan sekam padi. Pada penelitian ini ada beberapa target yang ingin dicapai dan menjadi bahan penelitan sebagai berikut :

a) **Percobaan A →**Penentuan Komposisi Penyusun Bata
Untuk mengetahui komposisi yang tepat dari masing-masing campuran material agar memenuhi standar Bata. Percobaan beberapa kali dengan komposisi material yang berbeda seperti pada tabel 3.1. Pembuatan cetakan (mall) dengan mengunakan acuan SII-0021-78 dan SNI 15-2094-2000. Ukuran mall dengan ukuran isi (20 X 9 X 5) cm dan buat dua lubang dengan diameter masing-masing 3cm, bisa mengunakan triplex dengan ketebalan 1cm, papan atau pun dari baja. Pekerjaan penggabungan material (pembuatan batu bata) dimulai dengan mencampur material tanah dan sekam padi hingga merata, kemudian sampah plastik dilebur dengan mengunakan mesin pelebur ataupun dipanaskan degan menggunakan elpiji pada wajan. Setelah sampah plastik melebur, perlahan masukkan butiran tanah dan sekam padi yang sudah disiapkan sesuai takaran masing-masing. Aduk sampai semua material tercampur merata. Masih dalam kondisi panas angkat campuran tersebut dan tuangkan kedalam cetakan yang sudah tersedia. Tunggu hingga dingin ±2 jam kemudian lepas cetakan. Langkah kerja penggabungan material diatas akan dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan kadar material yang berbeda-beda.

b) **Percobaan B →** Menentukan Kadar Air Tanah Maksimum yang Diijinkan
Tujuan pengujian adalah mendapatkan batas kadar air maksimum yang dikandung oleh tanah dan tanah tersebut masih mudah dibentuk menjadi batu bata. Untuk mendapatkan kadar air maksimum maka akan dilakukan percobaan penambahan air dengan mengambil sampel percobaan yang paling baik dari percobaan A kemudian dilakukan percobaan penambahan air secara berturut-turut.
Pencampuran material setiap sampel dilakukan sama dengan percobaan A diatas namun pada pengerjaan tanah akan ditambahkan air dengan kadar air yang berbeda.

c) **Percobaan C →** Mentukan Ukuran Butiran Tanah yang Baik pada Proses Pencetakan
Percobaan dilakukan dengan menghaluskan butiran tanah menggunakan palu karet kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan no 8. semua butiran yang lolos saringan No.8 dianggap baik untuk proses pencetakan. Penyerapan air dengan mengunakan persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan Air (PA)} = \frac{m \quad -m}{1m \ !} x100\% \qquad (1)$$

Dimana mk = massa kering (kg)
mb = massa setelah direndam (kg)

d) Percobaan D → Uji kuat tekan bata dari limbah dan membandingkan dengan bata konvensional
Uji kuat tekan batu bata menurut standar SNI-15-2094-2000. Pengujian perbandingan kuat tekan dilakukan pada batu bata yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\lambda = P/A \qquad (2)$$

dimana : λ = Kuat tekan bahan (kg/cm^2) atau N/mm^2
P = Beban tekan maksimum (kg) atau N
A = Luas bidang bahan (cm^2)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Material Penyusun Bata

Sampel tanah yang digunakan adalah jenis tanah laterit (tanah merah) yang tidak subur karena unsur hara yang terkandung dalam tanah laterit sangat minim. Tanah yang digunakan sebagai bahan untuk membuat batu bata adalah tanah lolos saringan no 8.

Sampah plastik yang gunakan yaitu semua jenis sampah plastik dalam kondisi kering yang ada di Tempat Pembuangan Sementara di Lembang Bor Lombongan kecamatan Sesean dan dalam kondisi kering.

Sekam padi yang digunakan adalah semua jenis sekam padi yang ada pada penggilingan-penggilingan padi. Proses pengambilan sekam padi dilakukan di kelurahan Tallunglipu kabupaten Toraja Utara tepatnya di salah satu penggilingan padi milik warga setempat.

3.2 Pembuatan mall benda uji

Dalam pembuatan mall mengacu pada SNI 15-2094-2000 tentang Bata merah pejal untuk pasangan dinding dengan dimensi 9 x 20 x 6 cm. Material yang digunakan dalam pembuatan mall atau cetakan batu bata ialah material dari pelat baja dengan ketebalan 3mm. Proses pembatan cetakan ini tergolong rumit karena harus menggunakan peralatan dan keahlian khusus untuk membuatnya sehingga pembuatan cetakan tersebut dilakukan di bengkel las.

Gambar 1. Material Penyusun Bata

Gambar 2. Media Cetakan Pembuat Bata

3.3 Pembuatan Benda Uji dan Mix Design

Material penyusun bata terdiri atas sampah plastic, tanah laterit dan sekam padi serta air dengan komposisi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Material Penyusun Bata

Percobaan	Sampah plastik (gr)	Tanah kering (gr)	Sekam padi (gr)	Keterangan
1	350	550	100	Gagal
2	450	400	150	Gagal
3	500	400	100	Berhasil
4	400	450	150	Gagal
5	400	500	100	Gagal

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UKIT 2019

Dari hasil pengujian material hanya diperoleh satu komposisi yang berhasil dan memenuhi persyaratan yaitu pada komposisi ketiga yaitu 500 gr sampah plastic, 400 gr tanah kering dan 100 gr sekam padi dan dapat dilihat pada tabel 1. Kemudian dilakukan lagi *mix design* kedua dengan merubah sedikit komposisi campuran seperti pada tabel 2.

Tabel 1. Percobaan Perkiraan Komposisi Material (*Mix Design 2*)

Percobaan	Sampah plastik (gr)	Tanah kering (gr)	Sekam padi (gr)	Hasil
1	500	430	70	Berhasil
2	510	410	80	Berhasil
3	500	400	100	Berhasil

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UKIT 2019

3.4 Analisis daya serap air

Setelah pembuatan sampel batu bata dengan menggunakan material sampah plastik, sekam padi dan tanah kering maka dilakukan pengujian daya serap air. Hasil pengujian dilaboratorium terhadap daya serap air batu bata dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian daya serap air

No	Massa Kering (mk) gr	Massa Basah (mb) gr	Daya Serap (Pa)
1	1006	1039	3,28
2	854	903	5,74
3	1017	1040	2,26
Daya serap rata-rata			3,76

Sumber : Hasil pengujian laboratorium UKIT 2019

Hasil pengujian daya serap air batu bata diatas dapat disimpulkan bahwa kemampuan batu bata menyerap air sebesar 3,76%. Bata yang berkualitas tinggi akan memiliki daya serap yang rendah terhadap air, sebaliknya bata yang berkualitas rendah akan memiliki daya serap yang tinggi. Pada umumnya bata dianggap berkualitas baik bila memiliki daya serap air kurang dari 20% (Susatio, 2014:282). Hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa daya serap batu bata tersebut berkualitas baik.

3.5 Analisis Hasil Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan batu bata berdasarkan SNI 15-2094-2000 tentang bata merah pejal untuk pasangan dinding. Adapun hasil kuat tekan yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 4. Uji Tekan Bata

Jenis Sampah Plastik	Kuat Tekan Benda Uji (kN)	Hasil Konversi		Kuat Tekan	
		kg	N	kg/cm^2	N/mm^2 (Mpa)
Plastik Campuran	150	15295.5	150000	104.97	10.29
	110	11216.7	110000	76.97	7.55
	115	11726.6	115000	80.47	7.89
Kuat tekan rata-rata				87.47	8.58
Plastik Kresek	120	12236.4	120000	83.97	8.23
	150	15295.5	150000	104.97	10.29
	100	10197	100000	69.98	6.86
Kuat tekan rata-rata				86.30	8.46
Plastik Padat (Kursi plastik)	170	17334.9	170000	118.96	11.67
	200	20394	200000	139.95	13.72
	150	15295.5	150000	104.97	10.29
Kuat tekan rata-rata				121.29	11.89

Untuk mengotrol nilai kuat tekan batu bata diatas dapat dibandingkan dengan tabel 5 yaitu standar untuk mengontrol hasil pengujian kuat tekan batu bata. Tujuannya untuk mengetahui apakah hasil produksi batu bata diatas masuk dalam standar yang telah ditentukan.

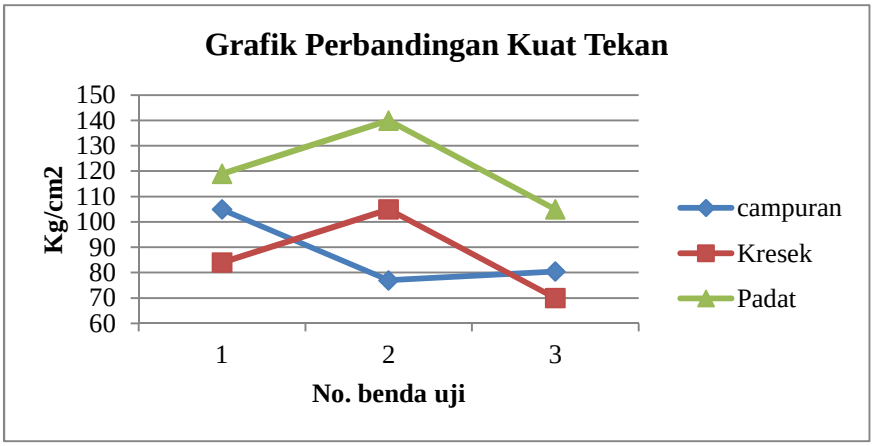
Tabel 5. Standar Kuat tekan batu bata (SNI 15-2094-2000)

Kelas	Kuat tekan rata-rata		Koefisien Variasi izin
	Kg/cm^2	N/mm^2	
50	50	5	22%
100	100	10	15%
150	150	15	15%

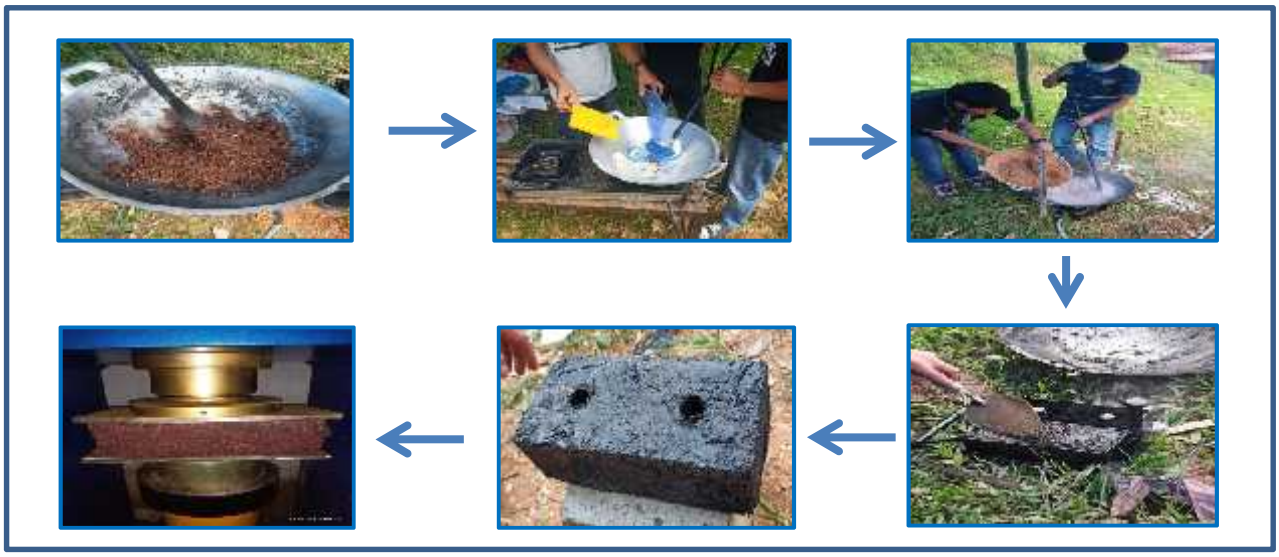
Sumber : SNI 15-2094-2000 Mengenai Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding,

Dari tabel 4 dan 5 dapat disimpulkan bahwa jenis sampah plastik padat (kursi plastik) pada percobaan kedua dengan perbandingan komposisi secara berurut plastik, tanah, sekam yaitu 6 : 5 : 1 merupakan komposisi terbaik dari seluruh percobaan dengan hasil kuat tekan sebesar 139.97 kg/cm^2. Grafik perbandingan kuat tekan dengan komposisi serta jenis sampah plastik dapat dilihat pada 1.

Grafik 1. Perbandingan kuat tekan dengan jenis sampah plastik



Grafik 1 dapat disimpulkan bahwa jenis sampah plastik padat mendapatkan nilai kuat tekan yang paling tinggi, sedangkan jenis sampah plastik campuran dan jenis plastik kresek mendapatkan nilai kuat tekan yang hampir sama.



Gambar 3. Proses Pembuatan Bata Limbah Plastik

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian material sampah plastic, sekam padi dan tanah laterit yang digunakan sebagai bahan penyusun bata maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk mengolah sampah plastik, sekam padi dan tanah laterit kering sebagai bahan pembuat batu bata digunakan metode coba-coba atau metode trial eror, yaitu dengan mencampurkan material sekam padi dan tanah kering kedalam sebuah wadah yang berisi sampah plastik yang sudah meleleh dan diaduk hingga merata kemudian dicetak pada cetakan. Hasil yang didapatkan sangat dipengaruhi oleh komposisi material, apabila komposisi material tidak tepat maka benda uji atau batu bata tersebut tidak dapat terbentuk.

2. Karakteristik terbaik yang dihasilkan dari penggunaan sampah plastik, sekam padi dan tanah laterit yaitu jenis plastik padat (kursi plastik) dengan hasil kuat tekan 13.72 Mpa.
3. Komposisi terbaik dengan memanfaatkan sampah plastik, sekam padi dan tanah laterit yaitu 51% sampah plastik, 41% tanah kering dan 8% sekam padi. Dapat disimpulkan bahwa peranan sampah plastik disini sangat dominan dimana sampah plastik menjadi perekat material lainnya. Selain itu sampah plastik merupakan material terbanyak yang mengisi batu bata yaitu 51%.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aldy Fernanda, Iswan dan Setyanto Desember 2012, Studi Kekuatan Pasangan Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Bahan Additive Zeolit, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
[2] Endra Aji Setyawan 2012, Analisis Sifat Fisik dan Mekanis Batu Bata Dalam Meningkatkan Kekuatan Dinding di Yokyakarta.
[3] Firman L Sahwan, Djoko Heru Martono, Sri Wahyono dan Lies A. Wisoyodharmo. Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia. Peneiti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Peneliti pada Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan.
[4] Fitri Febriani, Iskandar Maricar, Farid Sitepu. Perilaku Kuat Tekan Tanah Laterit dengan Stabilitas Kapur dan Semen. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
[5] Heru Winarno, Rully Pujantara 2015. Pengaruh Komposisi Bahan Pengisi Styrofoam pada Pembuatan Batako Mortal Semen Ditinjau dari Karakteristik dan Kuat Tekan. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Makassar.
[6] Muharom, Siswadi 2015. Desain Eksperimen Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Batu Bata Berbahan Baku Tanah Liat. Universitas Wijaya Putra, Fakultas Teknik Jurusan Mesin.
[7] Ni Made Wedayani, Studi Pengelolaan Sampah Plastik di Pantai Kuta Sebagai Bahan Bakar Minyak. Magister perencanaan pembangunan wilayah dan Pengelolaan Lingkungan (P2WL) Universitas Mahasaraswati, Jl. Soka No. 47, Kesiman Kartalangu, Denpasar Timur.
[8] Purnomo Budi Santoso 2017. Peningkatan Kwalitas Produk Batu Bata Merah Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Serat Sabut Kelapa dan Abu Serbuk Gergaji. Universitas Brawijaya Malang.
[9] Sri Slamet Mulyati, Pujiono, Teguh Budi Prijanto, Elanda Fikri 2017. Analisis Kualitas Batu Bata Bersumber Bahan Tambahan Sampah Serbuk Gergaji Dalam Berbagai Variasi Berat. Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Bandung.
[10] SNI 15-2094-2000. Tentang Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding.

ANALISIS UNJUK KERJA KINCIR AIR UNDERSHOT DI DESA SALUPUTTI

Irwan Lie Keng Wong[1)], Atus Buku[2)], Joesfine Ernestine Latupeirissa[1)] , Herby Calvin Pascal Tiyow[1)]
[1)] *Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar*
[2)] *Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar*

ABSTRACT

The Undershot waterwheel analysis was carried out by utilizing the potential of water power contained in the river flow in Saluputti Village, Bittuang District, Tana Toraja Regency. Waterwheel is a mechanical device that forms a wheel where there is a blade at the edge. Many determine the number of blades in a waterwheel also determine the amount of power produced. The purpose of this analysis is to determine the amount of water produced to turn the Undershot waterwheel. From the results of the analysis that can be done to determine the capacity of the air produced to turn the undershot waterwheel is 494.58 watts at an water discharge at an water flow of 2.35 m^3 / s. The maximum efficiency of 73.11% occurs at 0.171 m^3 / s discharge.

Keywords: *performance, undershot waterwheel, Saluputti Village*

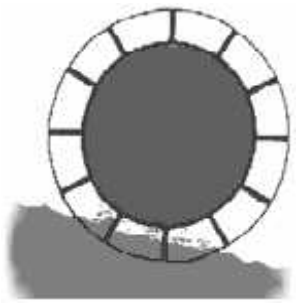
1. PENDAHULUAN

Desa Saluputti merupakan desa yang terletak di dataran tinggi dan di kelilingi oleh pengunungan dengan keadaaan lereng yang curam dan sruktur tanah yang bergelombang,Wilayah di desa Saluputti memiliki manifestasi yang terdiri dari mata air panas dan batuan alterasi dengan suhu reservoir diperkirakan sekitar 200°C [1].

Sungai adalah salah satu ekosistem perairan yang salah satu fungsi utamanya adalah untuk mengalirkan air. Dalam pemanfaatanya, air sungai dapat dialirkan dan dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan bagi masyarakat di desa saluputti seperti irigasi, sumber air baku, pembangkit listrik dan lain-lain. Tentunya pemanfaatan tersebut tidak terlepas oleh peran bangunan sipil seperti bendung, tanggul, bendungan dan yang lainya agar dapat dikelola dengan baik.Di daerah irigasi, selain bendung, adapula kincir air yang berfungsiuntuk mengambil air sungai dalam kondisi elevasi sungai jauh dibawah elevasi lahan.Proses perputaran kincir air tersebut diakibatkan tingginya energi dan kecepatan aliran air sungai yang mendorong kincir sehingga dapat berputar dan menaikan air secara berulang. Bila energi dan kecepatan aliran air sungai rendah tentunya menjadi pokok permasalahan utama karena kincir tidak dapat berputar sebagaimana mestinya sehingga air tidak dapat dimanfaatkan [2]. Kincir air merupakan peralatan mekanis yang berbentuk roda (*wheel*) dimana pada sekeliling tepinya terdapat sudu. Banyak sedikitnya jumlah sudu pada kincir air juga menentukan berapa besar daya yang dihasilkan [3]. Kincir air adalah semacam roda besar dilengkapi dengan timba pengambil air yang yang terbuat dari pipa yang berputar karena aliran air untuk menaikkan air dari sungai ke aeah sawah yang lebih tinggi posisinya.Besarnya debit air yang di naikkan oleh kincir tergantung pada ketersediaan air yang mengalir,jumlah dan besarnya tabung pembawa air, lamanya tabung tersebut terendam dalam air, jumlah putaran kincir serta posisi tabung [4]. Kincir air adalah jenis mesin hidrolik tertua. Kincir air memiliki desain yang relatif sederhana, diameter besar, kecepatan putaran rendah dan memiliki torsi tinggi. Penduduk desa di daerah pedesaan telah menggunakan roda air untuk mengangkat dan mendistribusikan air ke sawah, yang memiliki tempat lebih tinggi daripada sumber air [5-6].

Kincir air *undershot* atau kincir air arus bawah bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "*vitruvian*". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Keuntungan kincir air undershot yaitu: (1) konstruksi lebih sederhana; (2) lebih ekonomis; (3) mudah untuk dipindahkan sedangkan kerugiannya meliputi: (1) efisiensi kecil (25%-70%); (2) daya yang dihasilkan relative kecil [7].
[1]

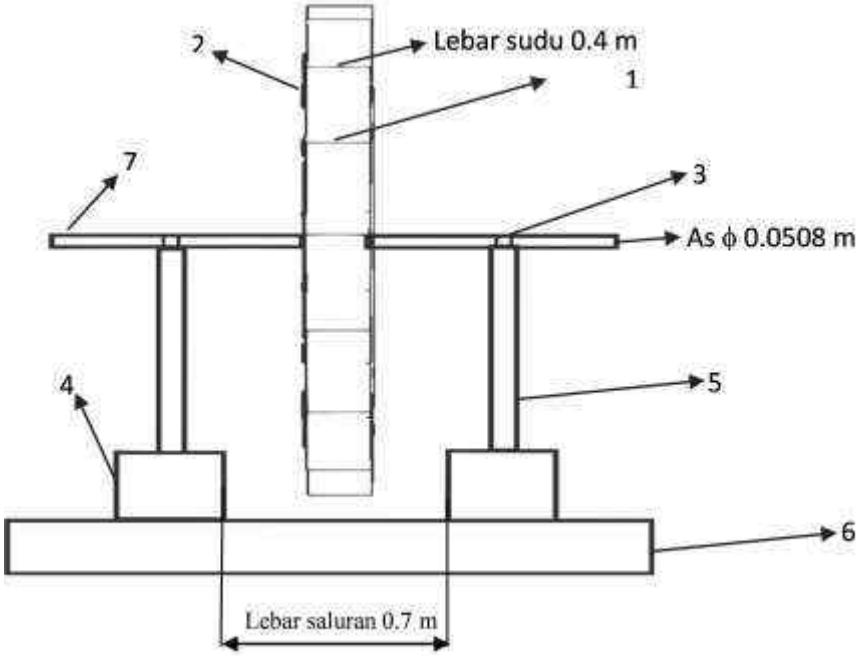
[1] Korespondensi penulis: Atus Buku, Telp 081392116322, atus@ukipaulus.ac.id



Gambar 1. Kincir Air *Undershot* [6]

2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah: Mesin Las, Meter, Siku, Palu, Gurinda, Mesin Pres, Bor.
Bahan terdiri dari: Besi Cor, Besi Plat, Bantalan, Baut dan Mur, Pipa dan Elbow, Lem Pipa



Gambar 2. tampak depan kincir air *undershot*

Keterangan

1. Sudu; (2) baket; (3) bantalan; (4) pondasi;(5) penyangga;(6) lantai; (7) poros.

Metode Pembuatan Alat

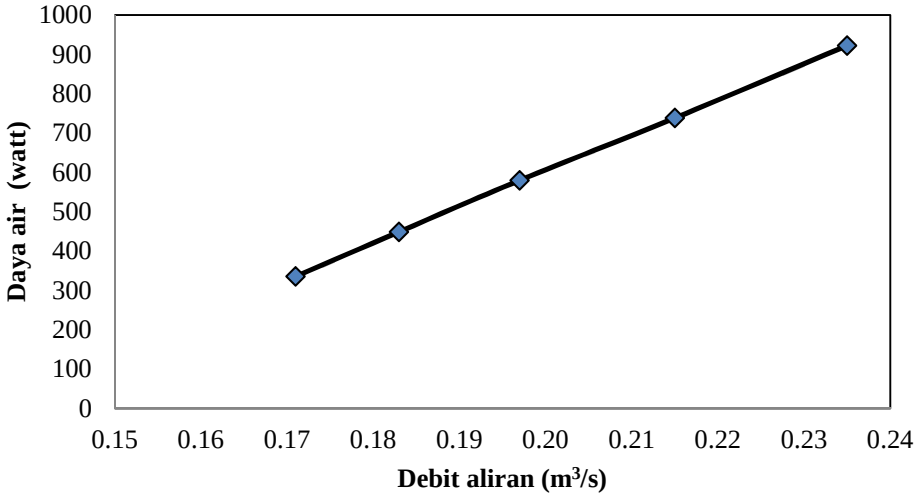
Sebelum membuat kincir air pertama-tama harus menyiapkan alat dan bahan sesudah itu lakukan pemotongan bahan sesuai ukuran yang di inginkan, proses penyambungan bahan dilakukan dengan cara pengelasan dan menggunakan baut.

Metode pengumpulan data

Kincir air yang digunakan berdiameter 3 m dengan diameter poros kincir 2 in. Pada proses pengambilan data jumlah bucket yang digunakan adalah 12 buah dan data diambil sebanyak 5 kali. Dengan tinggi air yang beberapa tinggi air yang digunakan mulai dari 0,10 m, 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m, 0,30 m.

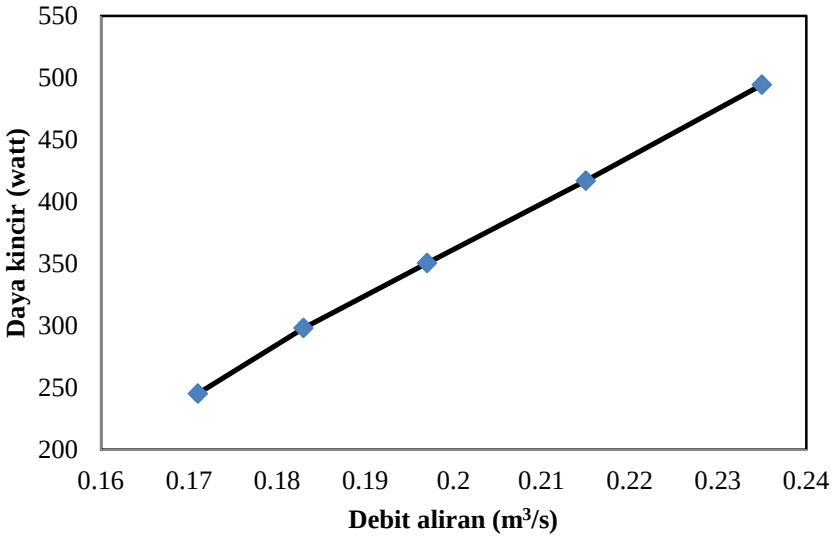
Alat ukur yang digunakan adalah meter untuk mengukur lebar saluran, kedalaman air, dan stopwatch untuk menghitung lama waktu kincir untuk mencapai 1 putaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



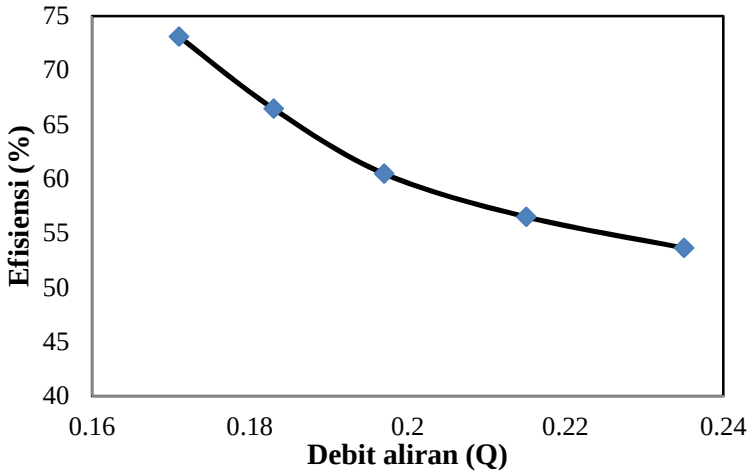
Gambar 3 Hubungan debit air (Q) terhadap daya air (Pair)

Berdasarkan gambar hubungan antara debit air (Q) terhadap daya air memperlihatkan semakin besar debit aliran maka daya air juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena daya air dipengaruhi oleh semakin meningkatnya kecepatan aliran dan perubahan tinggi air dalam saluran. Sedangkan debit aliran juga dipengaruhi oleh kecepatan dan luas penampang saluran.



Gambar 4 Grafik debit air (Q) terhadap Daya kincir (Pkincir)

Dari gambar 4 hubungan antara debit air (Q) terhadap daya air diperlihatkan semakin besar debit aliran maka daya kincir air juga akan semakin besar. Penyebab menikatnya debit air yaitu bertambahnya kecepatan aliran pada setiap perubahan waktu. Sedangkan peningkatkan daya kincir akibat dari bertambah besarnya gaya yang mengenai sudu.



Gambar 5 Grafik debit air (Q) terhadap Efisiensi kincir

Pada gambar 5 yang memperlihatkan hubungan antara efisiensi kincir terhadap debit air (Q), pada gambar tersebut memperlihatkan penurunan efisiensi kincir saat debit aliran mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan peningkatan daya kincir air tidak signifikan dibanding kenaikan daya air. Daya air sangat dipengaruhi oleh perubahan debit aliran dan tinggi air yang mengalir dalam saluran.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang di lakukan dapat disimpulkan bahwa besarnya daya air yang di hasilkaan untuk memutar kincir air *undershot* adalah 494,58 watt pada debit air pada debit air 2,35 m^3/s. efisiensi maksimum sebesar 73,11% terjadi pada debit 0,171 m^3/s.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Zarkasyi, A., Syaifuddin, F. dan Setiawan, N.S. "Aplikasi Metode Magnetotelurik Dalam Interpretasi Struktur panas bumi:Daerah Panas bumi Gunung Karua, Tana toraja Sulawesi Selatan", Jurnal Geosaintek, Vol. 5, No 1, hal. 1-6, 2019

[2] Harifa, A.C., Sholichin, M. dan Prayogo, T.B. "Analisa Pengaruh Perubahan Penutupan Lahan Terhadap Debit Sungai Sub Das Metro Dengan Menggunakan Program Arcswat", Jurnal Teknik Pengairan, Volume 8, Nomor 1, hal. 1-14 Mei 2017.

[3] Fernando, R. dan Asral, "Kaji Eksperimental Turbin Air Tipe *Undershot* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Dipasang Secara Seri Pada Saluran Irigasi", JomFteknik, Volume 4, No. 2, hal. 1-7, Oktober 2017.

[4] Junaidi, A., Rinaldi dan Hendri, A. "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik", JurnalJom FTeknik, Vol. 1, No. 2. Hal. 1-14. Oktober 2014.

[5] Buku A, Wong ILK, Latuperissa J, and Tiyow, H.C.P. *"A Laboratory Scale Curve Bladed Undershot Water Wheel Characteristic As An Irigation Power", International Jurnal Of Mechanical Engineering and Thcnology, Vol 9. Issue 9.* pp. 1048–1054, September 2018.

[6] 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.

[7] Wong ILK, Buku A., Latuperissa J, and Tiyow, H.C.P. *"Performance of Undershot Waterwheel Curved Blade of the Laboratory Scale"*, Materials Science Forum, Volume 967, pp. 250-255, August 2019.

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.

KARAKTERISTIK KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI AGREGAT KASAR

Adiwijaya [1)], Yohanis Sarungallo Tikupasang [2)]
[1),2)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the influence of the palm shell as coarse aggregate on the mechanical characteristics of structural lightweight concrete. Palm shells were obtained of palm oil waste factories in several locations in the Mamuju Regency area of West Sulawesi. In this study, concrete cylindrical samples with 10 cm in diameter, 20 cm in height and concrete prism samples with size of 10 cm x 10 cm x 40 cm were casted with a cement water factor (FAS) of 0.4 with 60% of palm shells as coarse aggregate using Portland Cement Composite Cement (PCC) and Silica Fume (SF) as binders. Concrete samples were designed using Japanese Civil Society standard in which the sequence of sample preparation includes mixing, compaction, and water curing up to 28 days curing. After curing of 28 days, concrete samples were tested in compressive strength, flexural strength and tensile strength using the Compression Testing Machine and Flexural Testing Machine. The results concluded that addition of 60% palm shell in concrete reduce compressive strength, flexural strength and tensile strength of concrete. However, palm shell concretes with additional Silica Fume of 10% can improve the flexural strength and tensile strength of concrete. Also, the results are obtained that palm shell concrete that is potensial used as an aggregate in the production of structural lightweight concrete.

Keywords*: Palm oil, structural lightweight concrete, flexural strength, tensile strength*

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi bangunan yang diperoleh dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dan air sebagai pencampur dan terkadang dengan bahan tambah *(mineral admixtures)* untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti beton ringan *(light weight)*, kekuatan tinggi *(high strength)*, kemudahan pengerjaan *(workability)* dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan *(durability)*. Material cangkang sawit merupakan hasil cangkang yang dihasilkan oleh industri pabrik minyak yang menyerupai agregat kasar dan cangkang yang keras, sehingga cangkang sawit ini berpotensi dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti agregat kasar dalam produksi beton. Pemanfaatan limbah cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar dapat diperoleh beberapa keuntungan antar lain; struktur beton lebih ringan, material ramah lingkungan (limbah industri), harga relatif murah (material buangan), dan menjadi material berkelanjutan *(sustainability)* dalam pengembangan IPTEK bidang teknologi material beton di masa mendatang.

Pemanfaatan cangkang sawit (beton cangkang sawit) sebagai pengganti agregat kasar pada produksi beton telah diteliti oleh peneliti sebelumnya [1]. Namun, penelitian terkait karakteristik kekuatan beton belum secara menyeluruh dilakukan. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk menginvestigasi karakteristik kekuatan beton cangkang sawit sebagai lanjutan penelitian sebelumnya yang difokuskan pada investigasi kuat lentur dan kuat tarik beton. Pengaruh pemanfaatan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar terhadap kekuatan lentur dan kekuatan beton akan didiskusikan dalam artikel ini. Dalam artikel ini akan dibahas juga pengaruh *mineral admixtures* seperti *silica fume* (SF) sebagai subsitusi parsial semen terhadap karakteristik kuat lentur dan kuat tarik beton cangkang sawit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus pasir sungai, semen PCC dan air pencampur air tawar. Karakteristik agregat halus, agregat kasar batu pecah dan agregat kasar cangkang sawit ditunjukkan dalam **Tabel 1**. Sementara itu, **Tabel 2** memperlihatkan komposisi senyawa semen PCC yang diukur menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)* yang digunakan dalam penelitian ini.

2.2 Matriks Spesimen Beton

[1] Korespondensi penulis: Adiwijaya, Telp 081342487102, adiwijaya_ali@poliupg.ac.id

Agregat kasar cangkang sawit (CS) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari industri sawit di Kabupaten Mamuju. Adapun matriks sampel beton pada penelitian ini didemonstrasikan pada **Tabel 3**. Sedangkan, **Tabel 4** menunjukkan rancangan campuran beton yang digunakan pada penelitian ini yang mengacu pada standar *Japan Society of Civil Engineer* [2]. Rancangan campuran didesain dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0.4 dengan persentasi agregat halus terhadap total kebutuhan agregat (s/a) sebesar 40%.

Tabel 1. Karakteristik agregat kasar dan agregat halus

Jenis Pengujian	Agregat halus	Aggregat kasar batu pecah	Aggregat kasar cangkang sawit
Kadar Lumpur (%)	0.42	0.20	0.02
Kadar Organik	Warna No. 1	-	-
Modulus Kehalusan	2.83	7.94	7.84
Berat Volume (kg/liter)	1.43	1.40	0.49
Berat Jenis SSD	2.52	2.58	1.34
Penyerapan (%)	2.48	3.44	25.37
Keausan (%)	-	24.01	3.13
Kekerasan (%)	-	29.68	4.41

Tabel 2. Komposisi senyawa kimia semen PCC

Semen	Kandungan senyawa (%)									
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	FeO
PCC	0,11	2,34	3,40	21,49	1,87	1,57	67.02	-	-	1,82

Tabel 3. Matriks sampel penelitian

No.	Kode Sampel	Agregat Kasar		*Binder*		Keterangan
		Bt. Pecah	CS	PCC	SF	
1	BN	100%	0%	100%	0%	Masing-masing sampel diuji pada umur 28 hari
2	BS	40%	60%	100%	0%	
3	BS-SF	40%	60%	90%	10%	

Keterangan: BN = Beton normal; BS = Beton cangkang sawit; BS-SF = Beton cangkang sawit *SF*; PCC = Portland Composite Cement; SF = *Silica fume*; CS = Cangkang sawit

Tabel 4. Rancangan campuran beton *(Mixtures)*

Uraian	Komposisi campuran (kg/m^3) beton		
	BN	BS	BS-SF
FAS	0.4	0.4	0.4
s/a	40%	40%	40%
Air	175.0	175.0	175.0
PCC	437.5	437.5	393.8
SF	-	-	43.8
Pasir	638.3	638.3	633.0
Batu pecah	980.2	392.1	388.8
Cangkang sawit	-	305.4	302.9
Plasticizer sikament LN	5.5	5.5	5.5
Nilai *Slump (cm)*	19.0	3.0	2.5

Keterangan: Plasticizer digunakan 1,25% dari berat binder (semen)

2.3 Metode Pengujian

Setelah rancangan campuran beton ditentukan, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dicetak mengacu pada SNI 4810:2013 [3]. 24 jam setelah dicetak, spesimen silinder beton dibuka dari cetakan lalu direndam dalam air perawatan. Sampai pada perawatan umur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah. Pengujian kuat lentur *(modulus*

of rupture) sampel balok beton 10 x 10 x 40 cm menggunakan alat *Flexural Testing Machine* kapasitas 50 kN dengan model pembebanan 1/3 bentang *(three points loading)* yang mengacu pada standar ASTM C78 - 03. Sedangkan, pengujian kuat tarik belah *(splitting test)* benda uji silinder beton menggunakan alat *Compression Testing Machine* kapasitas 1500 kN mengacu pada standar ASTM C449 - 03. Tiga sampel silinder dan sampel balok setiap pengujian dicatat sebagai data kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Berat Volume dan Kuat Tekan

Pengujian berat volume beton diperiksa sebelum sampel silinder beton dilakukan *capping*, dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan. Hasil pengujian berat volume dan uji kuat tekan (fc') sampel beton pada umur 28 hari tiap variasi sampel ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil pengujian berat volume dan kuat tekan 28 hari

Kode Sampel	Berat volume (kg/m^3)	Kuat Tekan, fc' (MPa)
BN	2340	36.23
BS	2043	19.09
BS-SF	2026	23.08

Hasil pengujian berat volume beton menunjukkan bahwa penambahan cangkang sawit sebesar 60% sebagai pengganti agregat kasar menyebabkan berat volume beton cangkang sawit (BS) menurun sebesar 297 kg/m^3 atau mengalami penurunan berat mencapai 12 % dibandingkan beton normal (BN), meskipun nilai berat beton masih diatas standar sebagai kategori beton ringan, ≤ 1900 kg/m3 [4]. Penurunan berat volume beton juga terjadi pada beton cangkang sawit dengan penambahan SF (BS-SF) dibandingkan dengan beton cangkang sawit (BS). Selanjutnya, penambahan cangkang sawit dalam campuran beton mempengaruhi kuat tekan beton pada umur 28 hari mencapai penurunan sebesar 47% dari kuat tekan beton normal (BN). Namun, pada sampel beton cangkang sawit dengan penambahan *silica fume* (BS-SF), kuat tekan beton mencapai peningkatan 23,08 MPa (meningkat 21%) dari kuat tekan beton cangkang sawit (BS). Fenomena ini membuktikan bahwa subsitusi *silica fume* sebesar 10% sebagai pengganti semen PCC dapat memperbaiki kinerja kuat tekan beton cangkang sawit.

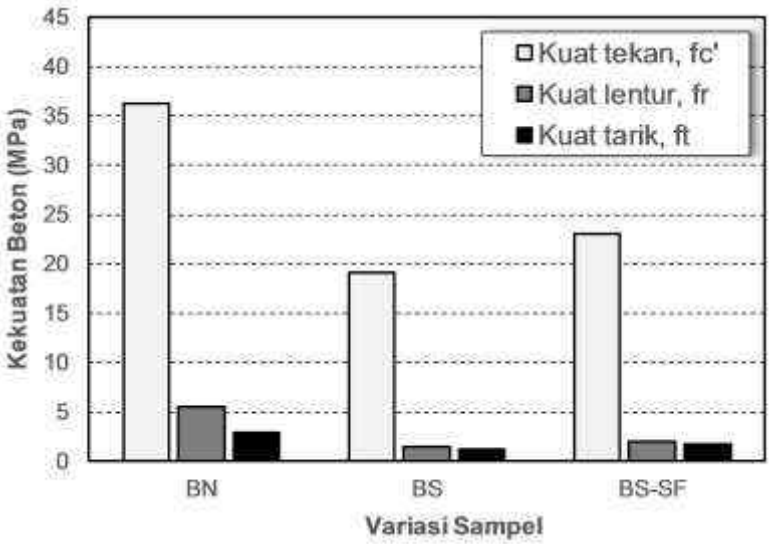
3.2 Kuat Kuat Lentur dan Kuat Tarik

Perawatan sampel beton menggunakan air tawar (Air PDAM) dalam bak perendaman yang ditempatkan dalam ruangan gedung *(indoor)*. Perawatan sampel silinder beton dan balok beton dilakukan sampai pada umur 28 hari, lalu diuji kuat lentur (fr) dan tarik (ft). Hasil pengujian kuat lentur dan kuat tarik diperlihatkan pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Hasil pengujian kuat lentur dan kuat tarik 28 hari

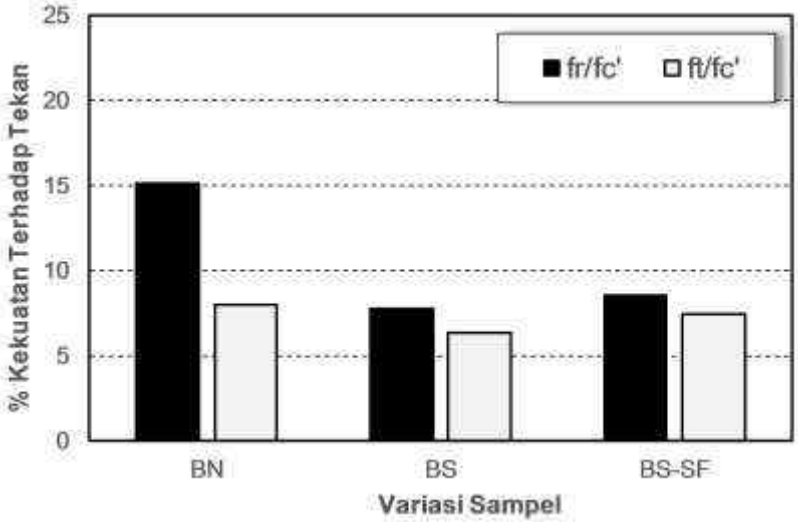
Kode Sampel	Kuat Lentur, fr (MPa)	Kuat Tarik, ft (MPa)	Rasio fr / fc'	Rasio ft / f'c
BN	5.49	2.89	0.15	0.08
BS	1.48	1.22	0.07	0.06
BS-SF	1.98	1.72	0.08	0.07

Gambar 1 memperlihatkan bahwa kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton menurun akibat penambahan cangkang sawit seperti pada fenomena kuat tekan beton cangkang sawit. Penurunan kuat lentur beton signifikan terjadi pada variasi sampel BS dibandingkan beton normal BN mencapai 73%. Namun, dengan penambahan silica fume 10% sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kekuatan lentur (fr) beton cangkang sawit sebesar 34%. Demikian pula hasil pengamatan kuat tarik beton, penambahan cangkang sawit 60% menurunkan sebesar 57% kekuatan tarik beton dibandingkan beton normal BN. Sementara itu, dengan penambahan *silica fume*, sampel beton cangkang sawit BS-SF mengalami peningkatan kuat tarik mencapai 41% dari sampel beton BS.



Gambar 1. Karakteristik mekanis beton cangkang sawit

Nilai rasio kekuatan lentur beton terhadap kekuatan tekan (fr/fc') dan rasio kekuatan tarik beton terhadap kekuatan tekan (ft/fc') didemonstrasikan pada **Gambar 2**. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase kuat lentur terhadap kuat tekan beton cangkang sawit SF lebih besar dibandingkan persentase kuat tarik terhadap kuat tekan pada sampel beton cangkang sawit BS. Persentase kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton cangkang sawit BS masing-masing diperoleh 7% dan 6% dari kuat tekan (fc').



Gambar 2. Rasio kekuatan terhadap tekan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Penambahan cangkang sawit 60% menurunkan kekuatan tekan, kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton, tetapi penambahan *silica fume* 10% dapat memperbaiki kuat lentur dan kuat tarik beton cangkang sawit.
2. Hasil penelitian diperoleh bahwa beton cangkang sawit potensi digunakan sebagai material agregat pada produksi beton ringan struktural.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Yohanis S., Adiwijaya, dan Irka TD, Studi Fundamental Pemanfaatan Limbah Cangkang Sawit sebagai Agregat Kasar pada Produksi Beton Ringan Kekuatan Tinggi, Makassar: Laporan Hasil Penelitian Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2018.

[2] Japan Society of Civil Engineers, Standard Specifications for Concrete Structures-2002: Material and Construction, Japan: JSCE, 2002.
[3] Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan (SNI 4810:2013), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2013.
[4] Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002

UCAPAN TERIMA KASIH
Penulis utama ingin menyampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung, mulai proses seleksi proposal, pelaksanaan penelitian hingga proses perampungan laporan. Juga, ucapan terima kasih dan apresiasi kepada Institusi Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana kepada peneliti, sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan sukses.

KAJIAN POLA LALU LINTAS KENDARAAN AKIBAT HAMBATAN SAMPING STUDI KASUS : JALAN JENDERAL SUDIRMAN, KH. KHALID, PANGLIMA BATUR DAN TEMENGGUNG KOTA SAMARINDA

Ashadi Putrawirawan[1)], Ibayasid[1)], Muhammad Adnan Rizki Saputra[2)]
[1)] *Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda*
[2)] *Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda*

ABSTRACT

The increasing number of population has an impact on the increasing mobility of transportation, both public transportation and private transportation which can cause congestion on the roads in Samarinda. Increased in these activities, one of the inevitable impacts is congestion caused by higher vehicle volumes, especially during rush hours and cannot be matched by increasing the width of the road. This makes the road that is in the Pasar Pagi congested, such as Jl. Jenderal Sudirman, Jl. KH. Khalid, Jl. Panglima Batur and Jl. Temenggung which also caused many sellers and buyers as well as vehicles passing or stopping to parking on these roads. This condition causes the road to be narrower, the capacity of the road decreases, and the degree of saturation will increase. The results of this study are expected to improve performance on these roads. Data collection is done by direct survey and supplemented with secondary data. The data taken is the geometric of the road, the side obstacles and the volume of vehicles passing through the road or intersection. The result is the value of the degree of saturation of the existing condition is high and the value of the degree of saturation of the condition after being planned is low. With the decreasing value of the degree of saturation, the value of the level of service is better.

Keywords: *Capacity, degree of saturation, level of service*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah pendudukakan berpengaruh pada aktivitas yang terjadi di Kota Samarinda. Sehingga juga berpengaruh pada bertambahnya mobilitas transportasi yang berada di Kota Samarinda, baik itu transportasi umum (angkutan umum) maupun kendaraan pribadi yang dapat menyebabkan kemacetan di jalan-jalan yang ada di Kota Samarinda. Penyebab terjadinya kemacetan juga bisa terjadi dikarenakan adanya pusat perbelanjaan seperti di Pasar Pagi. Kemacetan ini terjadi dikarenakan banyak kendaraan yang lewat pada jalan pusat perbelanjaan tersebut, baik itu kendaraan pribadi maupun angkutan umum. Angkutan umum merupakan salah satu sarana transportasi darat yang masih digunakan oleh sebagian masyarakat dalam menunjang mobilitas untuk melakukan aktivitasnya.

Seiring dengan meningkatnya aktivitas tersebut, salah satu dampak yang tidak bisa dihindari adalah kemacetan yang diakibatkan dari arus kendaraan yang semakin tinggi sehingga tidak dapat terhindarkan terutama pada jam – jam sibuk. Hal ini membuat beberapa jalan yang ada di sekitar pusat perbelanjaan Pasar Pagi menjadi padat, yaitu Jalan Jenderal Sudirman, Jalan KH. Khalid, Jalan Panglima Batur dan Jalan Temenggung. Jalan tersebut terus mengalami peningkatan aktivitas masyarakat karena berada di pusat kota dan pusat perbelanjaan seperti adanya Pasar Pagi, kawasan pertokoan, perhotelan, bank, Mall Mesra Indah dan lainnya. Hal ini juga mengakibatkan banyaknya penjual maupun pembeli serta kendaraan yang lewat ataupun berhenti untuk parkir di ruas jalan tersebut. Parkir dan terminal bayangan yang berada di badan atau bahu jalan sangat mengganggu kelancaran lalu lintas karena jalan yang seharusnya digunakan untuk arus lalu lintas tersita untuk parkir. Kondisi inilah yang menyebabkan ruas jalan tersebut menjadi lebih sempit, kapasitas jalan berkurang, dan derajat kejenuhannya akan meningkat.

Masalah – masalah yang timbul di persimpangan dan ruas jalan tersebut yang melatarbelakangi penelitian ini, guna mengetahui kinerja simpang dan ruas jalan tersebut serta upaya yang dapat dilakukan untuk penanggulangan kemacetan. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada, sehingga ruas jalan tersebut dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya tanpa ada hambatan yang cukup mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

a. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yaitu metode yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan yang bertujuan untuk

pengumpulan data – data yang meliputi data geometrik jalan eksisting, data Lalu Lintas Harian (LHR), data hambatan samping dan data kondisi lalu lintas.

Data Geometrik Jalan Eksisting

Untuk mendapatkan data geometrik jalan eksisting, *survey* dilakukan secara langsung di lapangan pada malam hari untuk memudahkan pengukuran dari lalu lintas kendaraan yang lewat.

Data Lalu Lintas Harian (LHR)

Untuk mendapatkan data Lalu Lintas Harian (LHR), *survey* dilakukan secara langsung di lapangan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam *survey* ini antara lain:

1. Waktu *Survey*
   Survey dilaksanakan selama 7 (tujuh) hari berdasarkan hari kerja maupun hari libur yaitu pada hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu dan Minggu pada pukul 06.00 – 18.00 WITA dengan pengamatan *survey* per 15 menit.
2. Klasifikasi Tipe Kendaraan
   Tipe kendaraan dikelompokkan dalam empat kategori, yaitu:

1) Kendaraan ringan (LV), seperti mobil penumpang, sedan, minibus, pick up, dan jeep.
2) Kendaraan berat (HV), seperti dump truck, trailer, dan bus.
3) Sepeda motor (MC), seperti kendaraan roda dua dan tiga.
4) Kendaraan tak bermotor (UM), seperti sepeda, gerobak.

Hambatan Samping

Survey hambatan samping bertujuan untuk mengetahui jenis hambatan samping yang dihitung meliputi pejalan kaki dan kendaraan parkir atau berhenti. Pencatatan frekuensi hambatan samping ini dilakukan bersamaan dengan pengambilan data lalu lintas, dimana survey ini juga didasarkan pada aturan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

b. Lokasi Penelitian

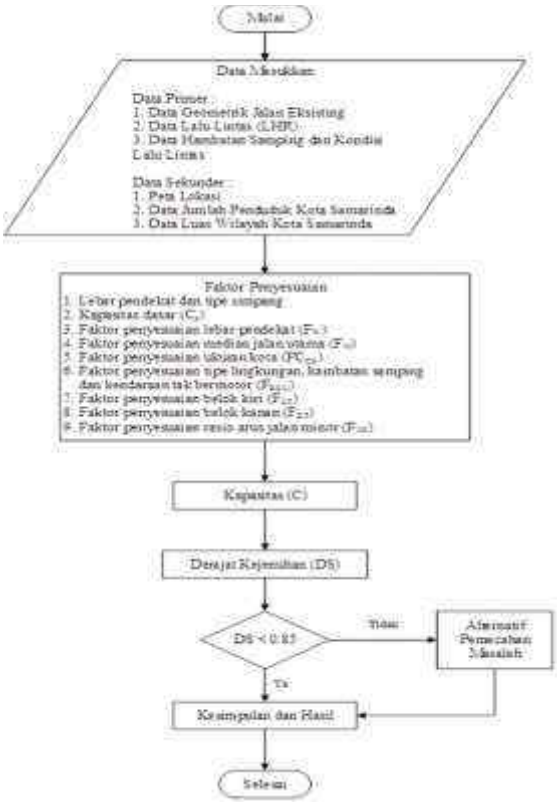
Lokasi penelitian yaitu pada ruas jalan Jenderal Sudirman, KH. Khalid, Panglima Batur dan Temenggung Kota Samarinda (sekitar Pasar Pagi).

Gambar 1. Lokasi penelitian ruas jalan

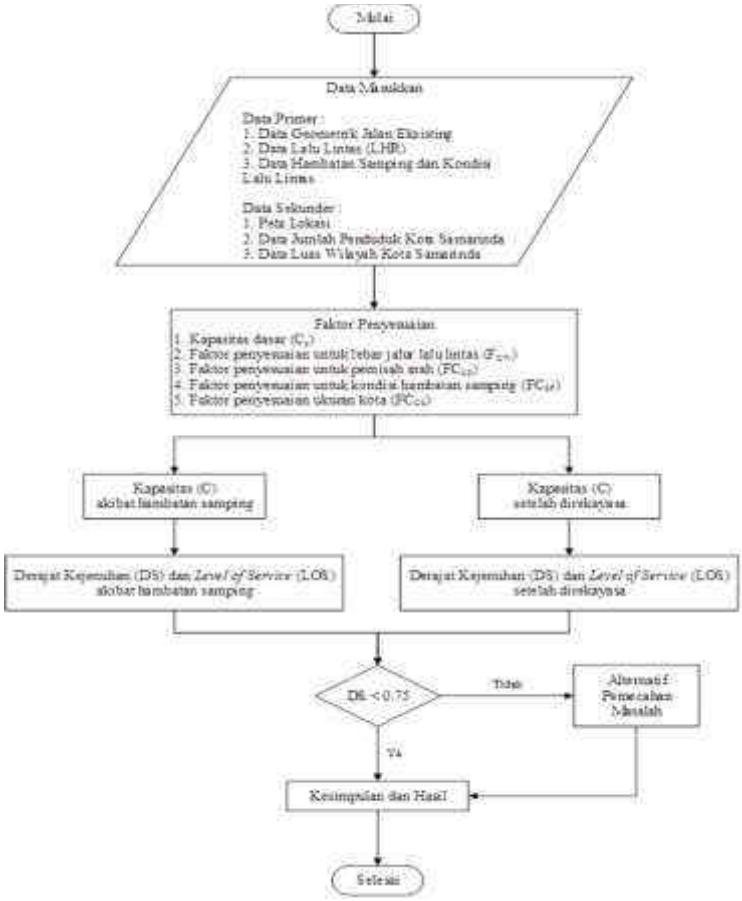
c. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian yaitu pada ruas jalan Jenderal Sudirman, KH. Khalid, Panglima Batur dan Temenggung Kota Samarinda (sekitar Pasar Pagi). Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada hari Senin – Minggu pada pukul 06.00 – 18.00.

d. Bagan Alir



Gambar 2. Bagan alir perhitungan kinerja simpang



Gambar 3. Bagan alir perhitungan kinerja ruas jalan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan yang akan dilakukan dalam prosedur perhitungan kinerja lalu lintas pada simpang tak bersinyal dan ruas jalan Jenderal Sudirman, KH. Khalid, Panglima Batur dan Temenggung sesuai dengan prosedur perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

a. Data Lalu Lintas

Pengumpulan data lalu lintas dilaksanakan pada hari Sabtu, Minggu, Senin, Selasa, Rabu, Kamis, dan Jumat pada tanggal 20 s/d 26 April 2019 pukul 06.00 s/d 18.00 WITA untuk memperkirakan jam puncak arus lalu lintas. Jam puncak arus lalu lintas sendiri dipengaruhi aktivitas kegiatan seperti pusat perbelanjaan, daerah perkantoran atau perbankan, pertokoan, sekolah, dan lain – lain.

Adapun parameter – parameter yang dihitung dalam penelitian ini untuk kinerja simpang adalah total arus lalu lintas (Q), ekivalen mobil penumpang (smp/jam), kapasitas (C), dan derajat kejenuhan (DS). Kemudian untuk kinerja ruas jalan adalah total arus lalu lintas (Q), ekivalen mobil penumpang (smp/jam), kapasitas (C), derajat kejenuhan (DS), dan *Level of Service* (LOS).

b. Data Hambatan Samping

Simpang

Berdasarkan hasil *survey* kondisi lingkungan pada tiap ruas jalan tersebut maka diambil kesimpulan tipe lingkungan jalan pada persimpangan simpang tiga muara merupakan tipe *commersil* (COM) dan kelas hambatan samping tinggi.

Ruas Jalan

Berdasarkan hasil *survey* yang telah dilakukan, kelas hambatan masing adalah sebagai berikut:

1. Jl. Jenderal Sudirman = VH
2. Jl. Temenggung = L
3. Jl. Panglima Batur = H
4. Jl. KH. Khalid = VH

c. Perhitungan Kinerja Simpang Tak Bersinyal

Kapasitas

Pada hari Sabtu, 20 April 2019

C = $C_0 \, x \, F_W \, x \, F_M \, x \, F_{CS} \, x \, F_{RSU} \, x \, F_{LT} \, x \, F_{RT} \, x \, F_{MI}$

= $2900 \, x 1.46 \, x 1.00 \, x \, 0.94 \, x \, 0.93 \, x 1.51 \, x 1.00 \, x 1.08$

= 6023.36 SMP/jam

Derajat Kejenuhan

DS = Q / C

= 2136 SMP/jam / 6023.36 SMP/jam

= 0.355

d. Perhitungan Kinerja Ruas Jalan Akibat Hambatan Samping

Kapasitas

Jl. Jenderal Sudirman pada Sabtu, 20 April 2019

C = $C_0 \, x \, FC_W \, x \, FC_{SP} \, x \, FC_{SF} \, x \, FC_{CS}$

= $1650 \, x 1.08 \, x 1.00 \, x \, 0.73 \, x \, 0.94$

= 1222.81 SMP/jam

Derajat Kejenuhan

DS = Q / C

= 971.80 SMP/jam / 1222.81 SMP/jam

= 0.795 → *Level of Service* (LOS) "D"

e. Perhitungan Kinerja Ruas Jalan Setelah direkayasa

Kapasitas

Jl. Jenderal Sudirman pada Sabtu, 20 April 2019

C = $C_0 \, x \, FC_W \, x \, FC_{SP} \, x \, FC_{SF} \, x \, FC_{CS}$

= $3300 \, x 1.08 \, x 1.00 \, x \, 0.73 \, x \, 0.94$

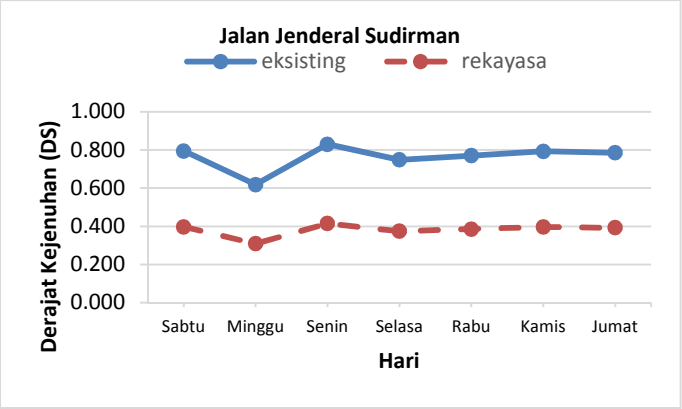
= 2445.62 SMP/jam

Derajat Kejenuhan

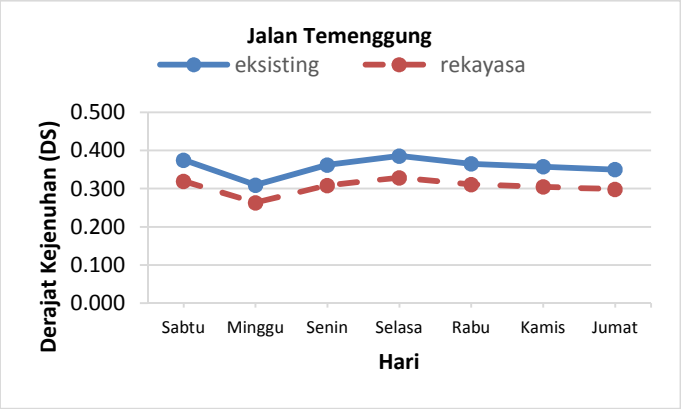
DS = Q / C

= 971.80 SMP/jam / 2445.62 SMP/jam

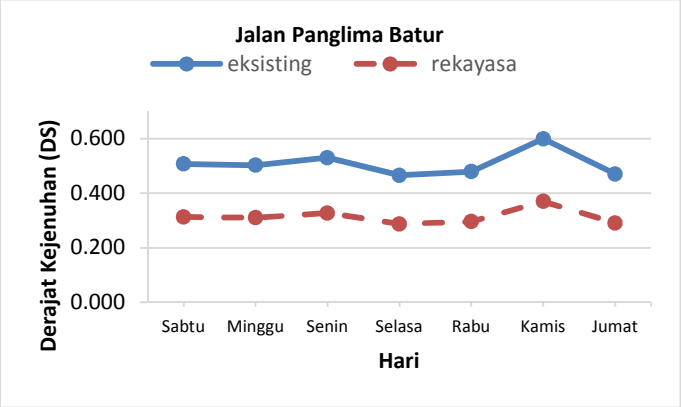
= 0.397 → *Level of Service* (LOS) "B"



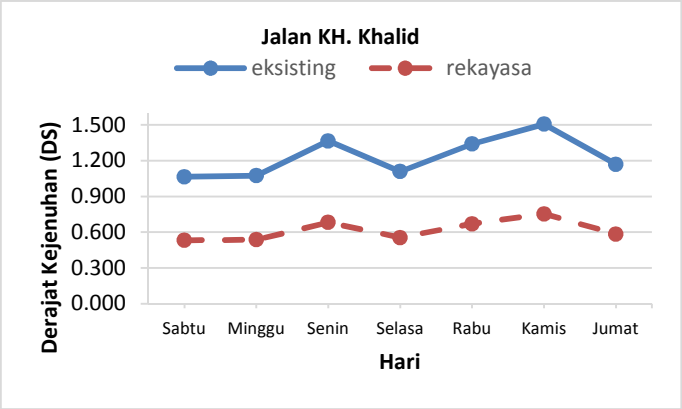
Gambar 4. Derajat kejenuhan akibat hambatan samping dan setelah direkayasa pada ruas Jalan Jenderal Sudirman



Gambar 5. Derajat kejenuhan akibat hambatan samping dan setelah direkayasa pada ruas Jalan Temenggung



Gambar 6. Derajat kejenuhan akibat hambatan samping dan setelah direkayasa pada ruas Jalan Panglima Batur



Gambar 7. Derajat kejenuhan akibat hambatan samping dan setelah direkayasa pada ruas Jalan KH. Khalid

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja lalu pada ruas Jalan Jenderal Sudirman, KH. Khalid, Panglima Batur dan Temenggung diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan kinerja ruas jalan eksisting masing-masing ruas didapat nilai derajat kejenuhan (DS):
   a. Nilai tertinggi pada Jalan Jenderal Sudirman adalah pada hari Senin 22 April 2019 dan waktu jam puncak 17.00 – 18.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 1222.81 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.830 dan *Level of Service* (LOS) "D".
   b. Nilai tertinggi pada Jalan Temenggung adalah pada hari Selasa 23 April 2019 dan waktu jam puncak 10.00 – 11.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 1384.11 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.386 dan *Level of Service* (LOS) "B".
   c. Nilai tertinggi pada Jalan Panglima Batur adalah pada hari Kamis 25 April 2019 dan waktu jam puncak 14.00 – 15.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 2543.64 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.599 dan *Level of Service* (LOS) "C".
   d. Nilai tertinggi pada Jalan KH. Khalid adalah pada hari Kamis 25 April 2019 dan waktu jam puncak 14.00 – 15.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 1323.31 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 1.056 dan *Level of Service* (LOS) "F".
2. Dari hasil perhitungan kinerja ruas jalan yang telah direkayasa masing-masing ruas didapat nilai derajat kejenuhan (DS):
   a. Nilai tertinggi pada Jalan Jenderal Sudirman adalah pada hari Senin 22 April 2019 dan waktu jam puncak 17.00 – 18.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 2445.62 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.415 dan *Level of Service* (LOS) "B".
   b. Nilai tertinggi pada Jalan Temenggung adalah pada hari Selasa 23 April 2019 dan waktu jam puncak 10.00 – 11.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 1624.83 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.328 dan *Level of Service* (LOS) "B".
   c. Nilai tertinggi pada Jalan Panglima Batur adalah pada hari Kamis 25 April 2019 dan waktu jam puncak 14.00 – 15.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 4120.70 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.370 dan *Level of Service* (LOS) "B".
   d. Nilai tertinggi pada Jalan KH. Khalid adalah pada hari Kamis 25 April 2019 dan waktu jam puncak 14.00 – 15.00, dengan nilai kapasitas (C) adalah 2646.63 SMP/jam, nilai derajat kejenuhan (DS) adalah 0.753 dan *Level of Service* (LOS) "D".

Maka disimpulkan nilai derajat kejenuhan (DS) dan *Level of Service (*LOS*)* setelah direkayasa mengalami peningkatan dari nilai eksisting.

4. DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kota Samarinda. (2018). *Kota Samarinda Dalam Angka Tahun 2018*.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* (MKJI). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 35 Tahun 2003 *Tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum.*

Munawar, Ahmad. (2009). *Manajemen Lalulintas Perkotaan*. Jogjakarta: Beta Offset

Morlok, K. E. (1988). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga

Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 Tentang *Jalan*.

Pratama, AdityaReza. (2017). *Kajian Dampak Terminal Bayangan Terhadap Lalu Lintas di Ruas Jalan Sindangsari Kabupaten Bandung.* Skripsi Universitas Pasundan.

Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang *Jalan.*