

Studi Penggunaan Pasir Putih Masamba sebagai Alternatif Bahan Penyusun Campuran Aspal Beton dan AC-WC

Ade Dwiki Anugerah¹, Widya Fauziah², St. Maryam H.³,
Mukhtar Thahir Syarkawi⁴, Bulgis⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231

¹⁾adedwikianugerah17@gmail.com; ²⁾widya.fauziah05@gmail.com; ³⁾stmaryam@umi.ac.id;

⁴⁾muktartahir.syarkawi@umi.ac.id; ⁵⁾bulgis.bulgis@umi.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengujian karakteristik Marshall yaitu stabilitas, *flow*, *marshall quotient*, VMA, VFA, VIM, dan *density*, bagaimana karakteristik yang terjadi apabila pasir sungai digunakan sebagai substitusi agregat halus pada jenis campuran AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). Dalam pemanfaatan pasir putih ini juga dilakukan penelitian berkaitan dengan potensi penggunaan Pasir ini sebagai bahan perkerasan jalan dengan melakukan pengujian deformasi, dimana deformasi merupakan terjadinya perubahan permukaan jalan dari profil aslinya, sehingga mempengaruhi kualitas, kenyamanan lalu lintas dan lama kelamaan akan menyebabkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Dari hasil pengujian Marshall Test didapatkan nilai KAO sebesar 5,75 % dan persentase yang paling efektif yaitu kadar pasir sungai 10% meliputi nilai stabilitas sebesar 1162,38 kg; nilai *flow* 2,83 mm; nilai VIM 4,385 %; nilai VMA 15,571 %; nilai VFA 71,878; nilai *density* 2,273 kg/mm²; dan nilai MQ sebesar 410,920 kg/mm. sedangkan analisis pengujian ketahanan deformasi menunjukkan total deformasi pada campuran dengan substitusi 15% lebih rendah sebesar 0,451 mm dibandingkan dengan campuran tanpa substitusi pasir putih Sungai Masamba yaitu sebesar 1,153 mm. Stabilitas dinamis terbesar ditunjukkan oleh campuran dengan substitusi pasir sebesar 10% yaitu 5727 mm.

Kata Kunci: Pasir putih, Karakteristik, AC-WC, *Marshall*, *Wheel Tracking machine*

ABSTRACT

This research was conducted to determine the Marshall characteristics test, namely Stability, Flow, Marshall Quotient, VMA, VFA, VIM, and Density. What are the characteristics that occur when the White Sand River is used as a fine aggregate substitution in the type of mixture AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). In the use of White Sand, we are also research related to the potential use of this sand as a road pavement material by conducting a deformation test, where deformation is a change in the road surface from its original profile, thus affecting the quality, traffic comfort and over time it will cause damage. on the pavement structure. From the results of the Marshall Test, the KAO value was 5.75% and the most effective percentage was the 10% river sand content including the stability value of 1162.38 Kg, the flow value 2.83 mm, the VIM value 4.385%, the VMA value 15.571%, VFA value is 71,878, density value is 2,273 kg/mm² and MQ value is 410,920 kg/mm. while the analysis of the deformation resistance test showed that the total deformation of the mixture with 15% substitution was lower by 0.451 mm compared to the mixture without substitution of the white sand of the Masamba River, which was 1.153 mm. The greatest dynamic stability is shown by the mixture with 10% sand substitution, which is 5727 mm.

Keywords: River white sand, Characteristics, AC-WC, Marshall, Wheel tracking machine

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah alat untuk menghubungkan kegiatan seperti bekerja, berlibur, sekolah, dll). Seiring perkembangan tuntutan hidup, perkembangan teknologi dalam bidang teknik sipil maju dengan pesat. Hal ini seharusnya diimbangi dengan prasarana (jalan) yang memadai. Sehingga dalam perencanaan jalan wajib memenuhi kriteria kuat, nyaman, awet, aman, dan murah

Konstruksi jalan raya sistem perkerasan lentur biasanya menggunakan campuran aspal dan agregat sebagai lapis permukaan. Beberapa jenis campuran aspal yang biasa digunakan antara lain adalah aspal beton jenis AC WC. Sebagaimana biasanya lapisan aspal AC-WC terdiri dari berbagai agregat seperti agregat kasar, agregat halus, filler serta aspal sebagai bahan pengikat. Material yang biasa digunakan sebagai bahan penyusun aspal beton adalah pasir, batu pecah, semen, kapur, abu batu, dan lain-lain. Bahan tersebut semakin lama semakin berkurang jumlahnya karena merupakan bahan alam yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu diusahakan adanya inovasi-inovasi baru salah satunya adalah pemanfaatan Pasir Putih Sungai Masamba. Pasir Putih ini bisa menjadi peluang untuk digunakan sebagai material jalan, baik digunakan sebagai pengganti agregat secara keseluruhan maupun sebagai bahan substitusi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengujian karakteristik Marshall yaitu Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VMA, VFA, VIM, dan Density, Bagaimana karakteristik yang terjadi apabila Pasir Putih Sungai digunakan sebagai substitusi agregat halus pada jenis campuran AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). Dalam pemanfaatan Pasir Putih ini juga kami tertarik untuk melakukan penelitian berkaitan dengan potensi penggunaan

Pasir ini sebagai bahan perkerasan jalan dengan melakukan pengujian deformasi, dimana deformasi merupakan terjadinya perubahan permukaan jalan dari profil aslinya, sehingga mempengaruhi kualitas, kenyamanan lalu lintas dan lama kelamaan akan menyebabkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan. (Hardiyatmo, 2007).

Dari penelitian sebelumnya (Wendani dkk., 2020), menggunakan agregat Sungai Bittuang dalam campuran aspal beton dari hasil penelitiannya ini memenuhi persyaratan agregat halus, penggunaan campuran agregat halus pasir pantai dengan komposisi 50% pasir sungai dan 50% non pasir sungai. Pengujian menunjukkan hasil yang memenuhi syarat *marshall*. Sedangkan penggunaan campuran agregat halus pasir sungai (100% pasir Sungai Bittuang) memenuhi persyaratan kelelahan, VMA, VFA, dan VIM. Akan tetapi tidak memenuhi syarat stabilitas dan MQ sehingga komposisi 100% pasir Sungai Bittuang tidak dapat dijadikan bahan substitusi secara keseluruhan sebagai agregat halus pada perkerasan AC-WC. Karena apabila kadar filler berlebihan, maka campuran akan menjadi kaku (Badaron et al., 2019). Pada penelitian lain menggunakan pasir sungai sebagai agregat halus pada laston permukaan (*Asphaltic Concrete-Wearing Course*) AC-WC dengan pengujian Marshall. Berdasarkan hasil penelitian, dilihat dari karakteristik nilai Marshall dan kadar aspal optimum, pasir sungai tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga dan dapat digunakan untuk bahan campuran aspal panas lapisan AC-WC (Surat & Yasruddin, 2015). Kemudian penelitian berikutnya menggunakan pasir Sungai Progo. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas pada komposisi 0%, 10%, dan 15% memenuhi spesifikasi, sedangkan pada komposisi 30% tidak memenuhi. Nilai flow, VMA, dan VIM menurun, sedangkan nilai VFA mengalami kenaikan (H M, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan yaitu:

1. Bagaimana karakteristik campuran perkerasan aspal beton AC-WC jika menggunakan pasir putih Sungai Masamba.
2. Bagaimana ketahanan deformasi campuran perkerasan aspal beton AC-WC jika menggunakan pasir putih Sungai Masamba.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian yaitu:

1. Mengetahui karakteristik pada campuran perkerasan aspal beton AC-WC jika menggunakan pasir putih Sungai Masamba.
2. Mengetahui ketahanan deformasi yang terjadi pada campuran aspal beton AC-WC jika menggunakan pasir putih Masamba.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ialah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium untuk mendapatkan data-data, dengan penelitian Pasir Putih Masamba sebagai objek penelitian terhadap pengujian karakteristik campuran marshall.

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo

KM 5. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2022- Juni 2022.

2.3 Metode Pengujian

2.3.1 Pengujian Marshall

Pengujian marshall bermaksud untuk mengetahui stabilitas (ketahanan) pada kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Dari nilai stabilitas dan *flow* kita dapat menganalisa parameter marshall yaitu stabilitas, *flow*, Marshall Quotient (MQ), *Voids in Mineral Aggregate* (VMA), *Voids Filled with Asphalt* (VFA), *Void in Mix* (VIM) dan *density*. Dari karakteristik marshall tersebut juga dapat menentukan kadar aspal optimum.

2.3.2 Pengujian Wheel Tracking Machine.

Wheel Tracking Machine adalah alat memiliki roda pembebanan yang bergerak maju mundur mebebani benda uji. Pembuatan benda uji pada alat *Wheel Tracking* berukuran 30x30x5 (cm³). Uji *Wheel Tracking Machine* (WTM) digunakan untuk mendapatkan parameter ketahanan deformasi yaitu kedalaman alur (*Ruth Depth*), laju deformasi (*Rate of Deformation*) dan Stabilitas Dinamis (*Dynamic Stability*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 seperti yang tercantum dalam tabel di bawah ini. Data hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar

Jenis Saringan		% Lolos Saringan	
		Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
3/4"	(19,1 mm)	100	
1/2"	(12,7 mm)	59,27	100
3/8"	(9,52 mm)	17,98	83,10
No. 4	(4,75 mm)	1	19,58
No. 8	(2,36 mm)		1,20

Data hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat kasar

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan	
	Maks	Min	Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,61	2,49
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,67	2,56
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,77	2,68
Water Aborption	3%	-	2,20	2,88
Berat Isi Gembur (gr/cm ³)	1,9	1,4	1,43	1,42
Berat Isi Padat (gr/cm ³)	1,9	1,4	1,45	1,44
Soundness Test #3/8" (%)	12	-	0,66	0,66
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	-	95%	96,%	96%

3.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Data hasil pemeriksaan gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus

Jenis Saringan		% Lolos Saringan Abu Batu
No. 4	(4,75 mm)	100
No. 8	(2,36 mm)	84,24
No. 16	(1,18 mm)	61,97
No. 30	(0,6 mm)	38,22
No. 50	(0,3 mm)	26,38
No. 100	(0,15 mm)	17,13
No. 200	(0,075 mm)	10,35
PAN		0,00

Data hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik agregat halus

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan
	Maks.	Min	
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,58
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,73
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,49
Water Aborption	3%	-	2,89
Sand Equivalent (%)	-	60	79,74
Berat Isi Gembur (gr/cm ³)	1,9	1,4	1,52
Berat Isi Padat (gr/cm ³)	1,9	1,4	1,68
Soundness Test #50 (%)	10	-	

3.3 Hasil Pemeriksaan Pasir Putih Masamba

Data hasil pemeriksaan karakteristik pasir putih Masamba dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Hasil pemeriksaan karakteristik sifat fisik pasir putih Masamba

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan
	Maks.	Min	
Berat Jenis (Bulk)	2,9	2,4	2,62
Berat Jenis (SSD)	2,9	2,4	2,72
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,4	2,55
Sand Equivalent (%)	-	60	77,62
Water Absorption (%)	-	-	2,46

3.4 Hasil Pemeriksaan Aspal

Data hasil pemeriksaan aspal dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Hasil pemeriksaan aspal pen 60/70

Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	61,8	59 – 70
Titik Lembek (°C)	53	48 – 56
Daktilitas pada 25°C (cm)	146	>100
Titik Nyala (°C)	270	>200
Titik Bakar (°C)	275	>200
Berat Jenis	1,030	1,0 – 1.16

3.4 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Marshall pada Campuran AC-WC untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Sebelum melakukan analisis hasil pemeriksaan Marshall dengan menggunakan bahan substitusi pasir putih Sungai Masamba, terlebih dahulu kita menghitung karakteristik campuran

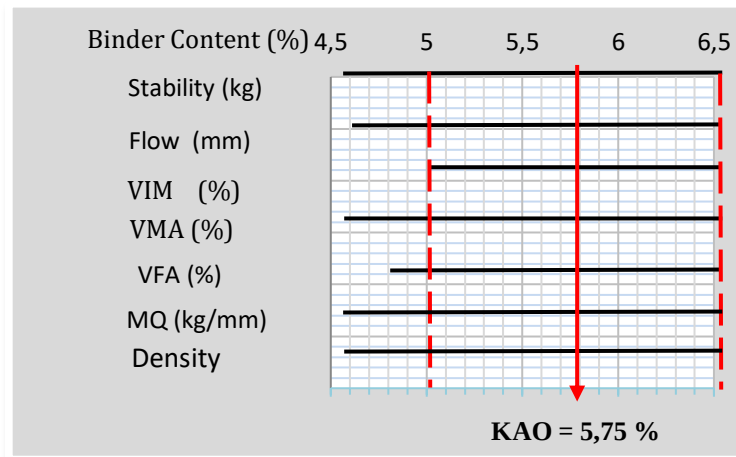
aspal dengan menggunakan metode Marshall test terdiri dari nilai Stabilitas, Flow, Voids in Mix (VIM), Voids in Mineral Asphalt (VFA), Voids Filled with Asphalt (VMA), Density, dan Marshall Quetient (MQ) menggunakan 5 variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum yaitu kadar aspal 4,5%, 5,0% ,5,5% ,6,0% dan 6,5%. pada tabel 7.

Tabel 7 Rekapitulasi pengujian karakteristik marshall campuran AC-WC pen. 60/70 untuk kadar aspal optimum (KAO)

Sifat-sifat Campuran Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Density	2,254	2,268	2,269	2,273	2,266	≥ 2.2 kg/mm ³
VIM (%)	6,172	4,922	4,238	3,403	3,047	3-5%
VMA (%)	15,581	15,266	15,460	15,523	16,004	≥ 15%
VFA (%)	60,456	67,864	72,659	78,140	80,995	≥ 65%

Sifat-sifat Campuran Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas; kg	928,71	975,15	986,75	975,15	893,88	800-1800 kg
Flow; mm	3,40	3,17	3,00	3,30	3,40	2-4 mm
MQ; kg/mm	273,241	308,66	328,990	295,611	263,60	Min. 250 kg/mm

Nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1 Grafik kadar aspal optimum (KAO)

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa aspal minyak pen 60/70 mendapatkan dengan komposisi campuran *asphalt concrete wearing course* dengan nilai KAO sebesar 5,75 %.

Tabel 8 Rekapitulasi karakteristik *Marshall* dengan substitusi pasir putih Masamba

Sifat-sifat Campuran Kadar Pasir Sungai Masamba (%)	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	0	5	10	15	20	
Stabilitas; kg	1029,64	1131,86	1162,38	1062,32	915,00	800-1800 kg
Flow; mm	3,30	2,90	2,83	2,93	3,40	2-4 mm
VIM (%)	4,523	4,435	4,385	4,271	4,248	3-5%
VMA (%)	15,693	15,615	15,571	15,470	15,451	≥ 15%
VFA (%)	71,198	71,599	71,878	72,838	72,909	≥ 63%
Density	2,270	2,270	2,273	2,280	2,277	≥ 2.2 kg/mm ³
MQ; kg/mm	315,010	383,370	410,920	362,940	271,620	Min. 250 kg/mm

3.5 Hasil Analisis Pengujian *Wheel Tracking Machine (WTM)* terhadap Penggunaan Bahan Tambah Aspal Polimer Elvaloy

Untuk mengetahui ketahanan deformasi campuran dilakukan analisis data yang

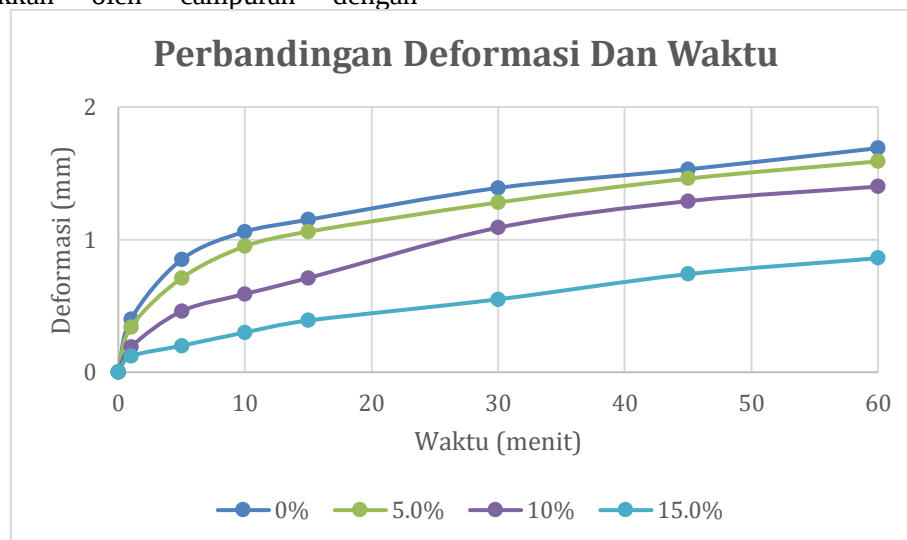
diperoleh untuk mengetahui tiga parameter ketahanan deformasi yaitu total deformasi dalam satuan mm, stabilitas dinamis (*Dynamic Stability*) dalam satuan lintasan/mm, dan laju deformasi (*Rate of Deformation*) dalam satuan mm/menit.

Tabel 9 Hasil Pengujian dengan *Wheel Tracking Machine* menggunakan bahan substitusi pasir putih Masamba

Menit	Lintasan	Deformasi			
		0%	5%	10%	15%
0	0	0	0	0	0
1	42	0,40	0,34	0,14	0,17
5	210	0,85	0,71	0,33	0,40
10	420	1,06	0,95	0,46	0,57
15	630	1,15	1,06	0,58	0,71
30	1260	1,39	1,28	0,87	0,98
45	1890	1,53	1,46	1,12	1,25
60	2520	1,69	1,59	1,23	1,40
Total Deformasi (DO) (mm)		1,153	1,056	0,676	0,783
Stabilitas Dinamis (DS) (lintasan/mm)		3938	4846	5727	4200
Laju Deformasi (RD) (mm/menit)		0,011	0,009	0,007	0,010

Dapat dilihat dari tabel di atas terjadi perubahan nilai deformasi yang di pengaruhi oleh pensubtitusian pasir putih sungai masamba dalam campuran aspal beton. Total deformasi terbesar di tunjukkan oleh campuran dengan

subtitusi 0% dibandingkan dengan campuran yang disubtitusi dengan pasir putih. Total deformasi terkecil ditunjukkan oleh substitusi pasir sebesar 15%.



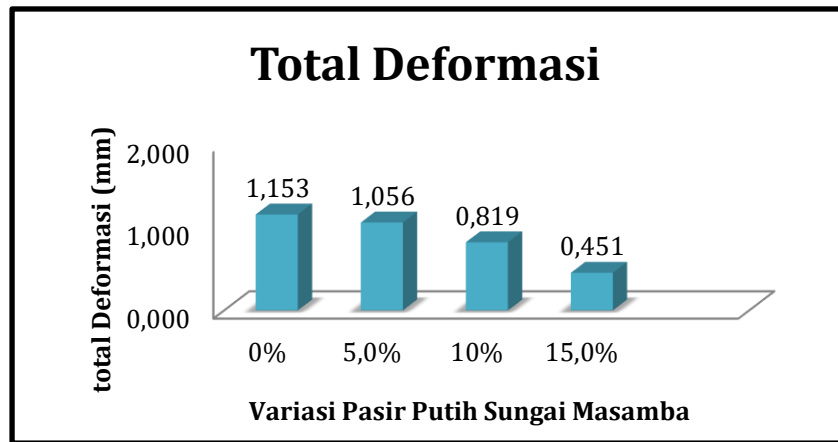
Gambar 2 Hasil pengujian perbandingan normal dan variasi pasir putih masamba

Dapat dilihat dari grafik di atas nilai deformasi campuran dengan substitusi pasir 0% memiliki nilai deformasi tertinggi dibandingkan dengan substitusi pasir 5%, 10%, dan 15%. Besar deformasi yang terjadi pada setiap variasi campuran mengalami penurunan nilai deformasi secara berturut-turut seiring

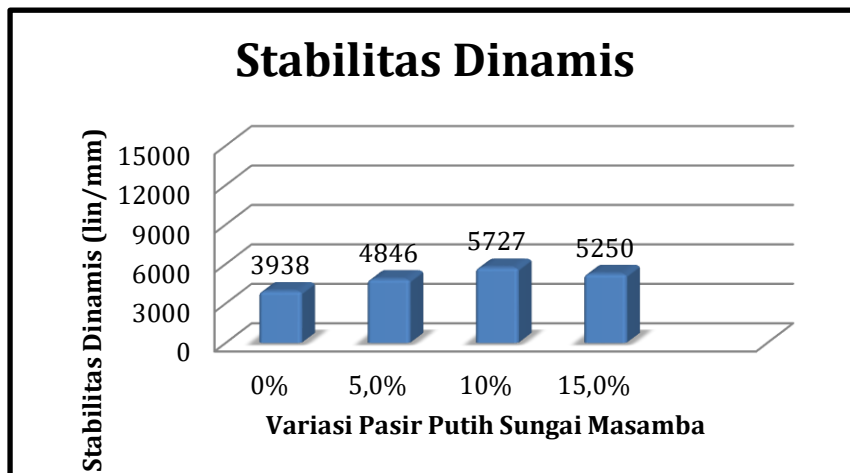
penambahan presentase substitusi pasir sungai Masamba. Nilai deformasi terendah ditunjukkan pada campuran dengan substitusi pasir sebesar 15%. Semakin tinggi nilai deformasi yang ditunjukkan pada pengujian *Wheel Tracking Machine* maka semakin besar pula perubahan bentuk dari benda uji.

Begitupun sebaliknya semakin kecil nilai deformasi yang ditunjukkan pada pengujian Wheel Tracking Machine

maka semakin kecil pula perubahan dari benda uji.



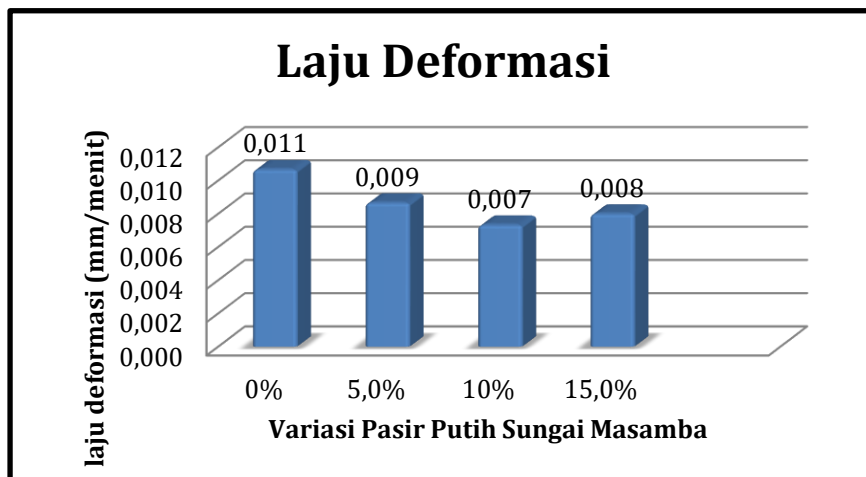
Gambar 3 Perbandingan nilai total deformasi dan variasi pasir putih Masamba



Gambar 4 Perbandingan nilai stabilitas dinamis dan variasi pasir putih Masamba

Dapat dilihat dari grafik di atas menunjukan campuran aspal dengan subtitusi pasir 10% memiliki nilai stabilitas dinamis tertinggi sebesar 5727 lintasan/mm. Kemudian nilai stabilitas

terendah ditunjukkan pada oleh campuran dengan subtitusi pasir 0% atau tanpa subtitusi sebesar 3938 lintasan/mm.



Gambar 5 Perbandingan nilai laju deformasi dan variasi pasir putih Masamba

Dapat dilihat dari gambar 5 hasil perbandingan laju deformasi dengan substitusi pasir 0%, 5%, 10% dan 15%. Dimana laju deformasi terbesar ditunjukkan oleh substitusi pasir sebesar 0% atau tanpa substitusi pasir sebesar 0,011 mm/menit. Sedangkan laju deformasi terendah atau terkecil ditunjukkan oleh substitusi 10% sebesar 0,007 mm/menit. Laju deformasi turun secara berturut hingga substitusi pasir 10%, akan tetapi substitusi 15% tetap berada di bawah laju deformasi 0%.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisis substitusi pasir putih Sungai Masamba, nilai optimum berada pada penambahan pasir variasi 10% dengan nilai stabilitas 1162,38 kg. Sedangkan untuk variasi kadar substitusi pasir putih Sungai Masamba 0%,5%,10%,15% dan 20% dari hasil pengujian 7 karakteristik Marshall yaitu Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, Densty, dan MQ memenuhi nilai spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Dari analisis pengujian ketahanan deformasi menunjukan total deformasi pada campuran dengan substitusi 15% lebih rendah sebesar 0,451 mm dibandingkan dengan campuran tanpa substitusi pasir putih

Sungai Masamba yaitu sebesar 1,153 mm. Stabilitas dinamis terbesar ditunjukkan oleh campuran dengan substitusi pasir sebesar 10% yaitu 5727 mm. Dapat di simpulkan substitusi pasir putih Sungai masamba baik digunakan untuk mengurangi deformasi dan rutting pada perkerasan aspal beton AC WC.

4.2 Saran

1. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih dalam mengenai pengaruh penggunaan pasir putih Sungai Masamba sebagai bahan substitusi terhadap agregat pada campuran aspal beton dengan metode yang lain.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jenis aspal yang lebih variatif untuk lebih mengetahui studi pasir putih Sungai Masamba sebagai bahan substitusi terhadap Marshall Test dan WTM (Wheel Tracking Machine) dengan jenis aspal yang berbeda.
3. Perlu ketelitian dalam pekerjaan pembuatan benda uji agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka

Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P.

- (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2). https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i2.593
- H M, S. (2020). *Penggunaan Pasir Sungai Progo sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Beton Aspal Campuran AC-WC*.
- Hardiyatmo, H. C. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press (p. 164).
- Safrizal, E. C., Djuniati, S., & Alwinda, Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Pasir Menggala Kabupaten Rokan Hilir pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–12.
- Silvia, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia.
- Surat, & Yasruddin. (2015). Studi Pasir Sungai Sebagai Agregat Halus Pada Laston Permukaan (Asphaltic Concrete-Wearing Course, AC-WC. *Jurnal Poros Teknik*, 7(1), 15–25.
- Wendani, N., Selintung, M., & Alpius. (2020). Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang sebagai Bahan Campuran AC-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 138–144. <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i2.126>