

Analisa Asphalt Concrete Wearing Course Modifikasi Dengan Penambahan Resin Epoxy Dan Serat Baja *Dramix* Untuk Perkerasan Jalan

¹Nisa Ul Azizah*, ¹Carlen Rama Riska Ricardo, ¹Rachmat Mudiyo, ¹Juny Andry Sulistyo

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

nisaazizah2201@std.unissula.ac.id

Abstrak

Struktur perkerasan jalan memiliki berbagai permasalahan yang dapat mengganggu mobilitas, seperti lubang, dan retak pada jalan. Dengan melihat peningkatan mobilitas maka dibutuhkan kualitas dan kuantitas jalan yang dapat memenuhi hal tersebut. Lapis aus (AC-WC) adalah lapis teratas yang kerap kali mengalami retak, lubang keausan dan kerusakan umum lainnya dikarenakan lapisan ini bersentuhan dengan beban dan cuaca secara langsung. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton, salah satunya adalah melakukan substitusi material atau melakukan penambahan material untuk mencari perkerasan yang memiliki kualitas yang baik. Pada penelitian ini, penulis menggunakan dua penambahan material yaitu resin epoxy dan serat baja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas modifikasi campuran lapis aus AC-WC dengan menggunakan parameter Marshall test. Penelitian ini akan menggunakan penelitian percobaan (experiment), yaitu penelitian yang dilaksanakan dengan percobaan di laboratorium untuk mengumpulkan data. Selanjutnya, data diproses dengan mempertimbangkan persyaratan atau standar spesifikasi untuk menghasilkan hasil perbandingan yang diinginkan. Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk job mix design pada test Marshall dengan komposisi resin 0%, 2%, 4%, 6% dengan variasi kombinasi serat baja Dramix 0%, 2%, 4%, 6% memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2. Hasil pengujian Marshall didapatkan parameter stabilitas tertinggi adalah pada komposisi resin 2% dengan serat baja 4%, hasil stabilitas tertinggi adalah 2159.74 kg.

Kata Kunci: AC-WC, resin, serat baja, Marshall

Abstract

Pavement structures have various problems that can interfere with mobility, such as potholes, and cracks in the road. Given the increase in mobility, there is a need for quality and quantity roads that can meet this. Wear layer (AC-WC) is the top layer that often experiences cracks, wear holes and other general damage because this layer is in direct contact with loads and weather. Various efforts are made to improve the quality of asphalt concrete pavement, one of which is to substitute materials or add materials to find a pavement that has good quality. In this study, the authors used two additional materials, namely epoxy resin and steel fiber. The

purpose of this research is to determine the quality of the modified AC-WC wear layer mixture using Marshall test parameters. This research will use experimental research (experiment), which is research carried out by experimenting in the laboratory to collect data. Furthermore, the data is processed by considering the requirements or specification standards to produce the desired comparison results. The results of research that has been carried out for job mix design in Marshall tests with 0%, 2%, 4%, 6% resin composition with variations in the combination of Dramix steel fibers 0%, 2%, 4%, 6% meet the Bina Marga 2018 revision 2 specifications. The results of the Marshall test obtained the highest stability parameter is in the composition of 2% resin with 4% steel fiber, the highest stability result is 2159.74 kg.

Keywords: AC-WC, resin, steel fiber, Marshall

1. PENDAHULUAN

Peningkatan penduduk Indonesia yang meningkat pesat berbanding lurus dengan naiknya mobilitas penduduk Indonesia. Untuk mendukung hal tersebut, jalan adalah prasarana yang diharapkan dapat menunjang kebutuhan penduduk. Struktur perkerasan jalan memiliki berbagai permasalahan yang dapat mengganggu mobilitas, seperti lubang, dan retak pada jalan (Sandyna et al., 2022). Dengan melihat peningkatan mobilitas maka dibutuhkan kualitas dan kuantitas jalan yang dapat memenuhi hal tersebut. Penggunaan perkerasan lentur menggunakan aspal banyak digunakan di Indonesia (Suprayitno et al., 2019). Lapis aus (AC-WC) adalah lapis teratas yang kerap kali mengalami retak, lubang keausan dan kerusakan umum lainnya dikarenakan lapisan ini bersentuhan dengan beban dan cuaca secara langsung. Hal tersebut menyebabkan banyak sekali jalan yang tidak sesuai dengan umur layan pada perencanaan awal.

Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton, salah satunya adalah melakukan substitusi material atau melakukan penambahan material untuk mencari perkerasan yang memiliki kualitas yang baik. Pada penelitian ini, penulis menggunakan dua penambahan material yaitu resin epoxy dan serat baja. Penggunaan serat baja dapat meningkatkan nilai stabilitas pada komposisi (Fitriansyah et al., 2023). Sementara penggunaan resin pada campuran aspal dapat meningkatkan nilai stabilitas dan menurunkan nilai rongga (Rizal WA & Muhammad, 2018). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas modifikasi campuran lapis aus AC-WC dengan menggunakan parameter *Marshall test*.

2. METODE

Penelitian ini akan menggunakan penelitian percobaan (*experiment*), yaitu penelitian yang dilaksanakan dengan percobaan di laboratorium untuk mengumpulkan data. Selanjutnya, data diproses dengan mempertimbangkan persyaratan atau standar spesifikasi untuk menghasilkan hasil perbandingan yang diinginkan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan dasar memakai sistem penggabungan aspal panas *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC).

Di dalam penelitian ini berupa pengujian agregat (kasar, halus dan *Filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian yang dilakukan antara lain

adalah uji agregat (kasar, halus, dan *Filler*), aspal, dan campuran (uji *Marshall*) (Abidin et al., 2021). Pengujian agregat berupa pengujian berat jenis dan porositas. Metode yang diaplikasikan sebagai penguji campuran ialah metode *Marshall*, di mana dari pengujian *Marshall* tersebut diperoleh hasil-hasil yang berbentuk komponen-komponen *Marshall*, yaitu berat volume benda uji, nilai stabilitas, *flow* , *void in the mix* (VIM), *void in mineral aggregate* (VMA), *void filled with asphalt* (VFA), nilai tebal selimut atau film aspal berdasarkan hasil tersebut dapat ditentukan *Marshall quotient* (Lebang & Lewaherilla, 2021).

JUMLAH DAN PERSIAPAN BENDA UJI

Setelah semua material dilakukan pengujian dan memenuhi spesifikasi yang ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah benda uji dan menyediakan bahan campuran sesuai komposisi yang ditentukan, atau sering juga disebut sebagai desain campuran kerja (*Job Mix Design*). Pada tabel di bawah ini menunjukkan jumlah benda uji dari masing-masing campuran.

Tabel 1. Komposisi Campuran Kerja (*Job Mix Design*)

No.	Komposisi	Jumlah
1	Resin 0% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
2	Resin 0% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
3	Resin 0% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
4	Resin 0% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
5	Resin 2% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
6	Resin 2% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
7	Resin 2% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
8	Resin 2% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
9	Resin 4% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
10	Resin 4% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
11	Resin 4% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
12	Resin 4% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
13	Resin 6% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
14	Resin 6% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
15	Resin 6% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
16	Resin 6% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
Total Benda Uji		48 buah

Sumber: Hasil Penelitian (2023).

MATERIAL DAN ALAT UJI

a. Agregat

Agregat yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus. Fraksi agregat kasar yang tertahan oleh ayakan basah No. 4 (4,75 mm) akan digunakan dalam desain campuran (Rahman & Rahmadani, 2023). Agregat kasar harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dan harus keras, tahan lama, bersih, dan bebas dari lempung atau komponen lain yang tidak diinginkan. Material yang melewati ayakan No. 4 dan tertahan oleh ayakan No. 200 disebut sebagai agregat halus, biasanya berupa pasir murni yang telah disaring oleh penghancur batu, atau campuran keduanya.

Pada tahap penyediaan bahan diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Mohandas Oeloeng Kendal. Semua proses pembuatan benda uji dan propertis material selanjutnya dilakukan di laboratorium transportasi jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.



Gambar 1. Pengambilan Agregat Material (Dokumentasi Penulis, 2023)

b. Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperatur ruang aspal berbentuk padat dan akan mencair jika dipanaskan serta pada saat temperatur menurun aspal akan kembali membeku (Maghfiroh & Ahyudanari, 2023). Fungsi aspal dalam campuran perkerasan adalah sebagai bahan pengikat antar aspal dan agregat dan antara sesama aspal, sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri dan sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga memudahkan untuk dipadatkan (Saleh & Anggraini, 2020). Pengambilan material aspal pen 60/70 diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Jekulo Kudus, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian.



Gambar 2. Aspal Pen 60/70 (Dokumentasi Penulis, 2023)

c. Serat Baja (*Dramix*)

Dramix steel fiber adalah jenis serat baja yang dibuat dengan cara penarikan dingin (*cold drawn*) dan memiliki lekukan di bagian ujungnya yang memiliki pengikatan yang baik (Azis et al., 2016). Berdasarkan banyak lekukannya, terdapat 3 jenis serat baja yaitu *Dramix* 3D, 4D, dan 5D (Johannes et al., 2017). Penambahan serat baja merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan ketahanan retak suhu rendah pada beton aspal dengan menambahkan berbagai jenis serat baja (Laila Indah, 2023). Pada penelitian ini serat baja yang digunakan dipotong sepanjang 1 cm untuk dicampurkan pada komposisi campuran.



Gambar 3. Serat Baja (Dokumentasi Penulis, 2023)

d. Resin

Epoxy resin adalah cairan yang kental dan hampir padat; digunakan untuk mengeras material (Putri & Putra, 2019). Epoxy resin dibuat melalui reaksi kimia in situ, di mana katalis atau hardener dan resin digabungkan di satu wadah yang selanjutnya proses pengerasan (polimerisasi) akan berlangsung. Resin yang digunakan memerlukan hardener dan dicampurkan setelah penggorengan agregat dan aspal dilakukan.



Gambar 4. Resin (Dokumentasi Penulis, 2023)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**a. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pertamina Pen 60/70**

Material aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70. Pengujian yang dilakukan untuk menguji aspal polimer ini memiliki 5 parameter yaitu pentrase, titik lembek, daktilitas, titik nyala, dan berat jenis aspal untuk hasil yang lebih terperinci dapat dilihat pada lampiran 2 data pengujian aspal. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini

dengan menggunakan perbandingan dari Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/ 1976 Bina Marga.

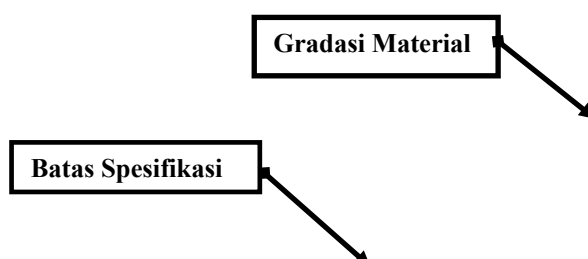
Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pen 60/70

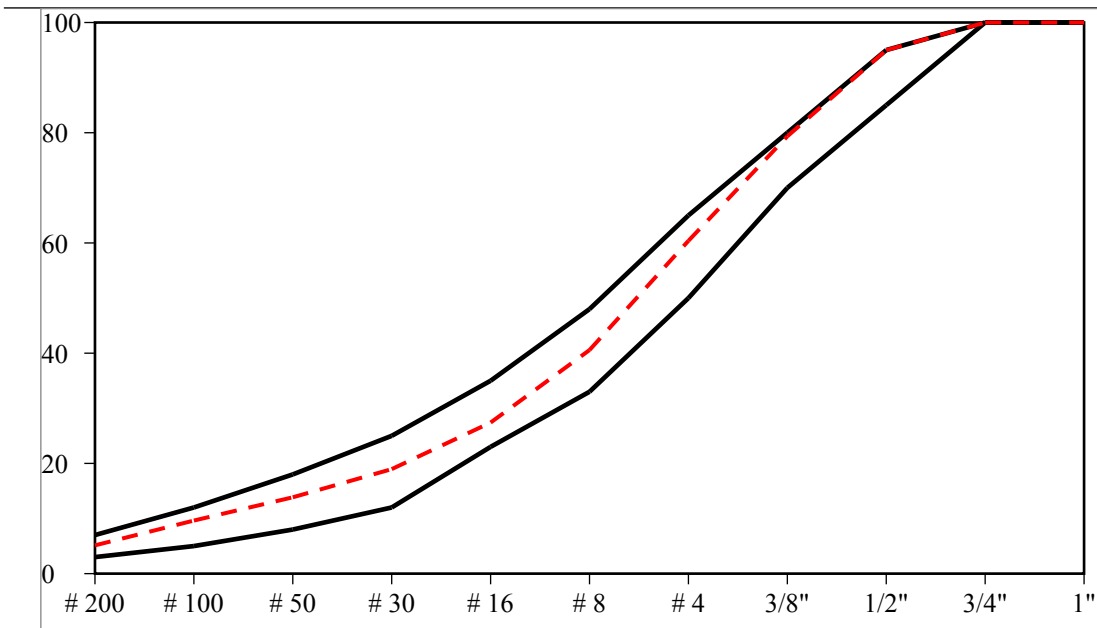
No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	60	70	65	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
2	Titik Lembek 5°C (<i>Ring and Ball Test</i>)	°C	48	58	52,45	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
3	Titik Nyala (<i>Cleaveland Open Cup</i>)	°C	Min 200	-	315	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
4	Daktalitas	cm	Min 100	-	151,5	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
5	Berat Jenis	%	Min 1,0	-	1,039	SNI-06-2456-1991	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

b. Hasil Pemeriksaan Agregat

Kombinasi agregat adalah hasil dari penggabungan dari masing-masing material agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ dan tertahan mulai dari saringan ukuran $\frac{1}{2}$ sampai dengan #200, kombinasi agregat ini terdiri dari *Hot Bin II*, *Hot Bin III*, *Hot Bin IV*, Pasir, dan *Filler* (Semen). Didapatkan hasil total campuran gradasi kombinasi agregat yang tidak boleh melampaui batas maksimal dan minimal dari spesifikasi yang sudah ditetapkan, hasil grafik kombinasi gradasi agregat dan batas spesifikasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.





Gambar 5. Kombinasi Agregat

c. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran lapisan aspal beton (Laston) dalam penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Pengujian kadar aspal menggunakan 3 buah benda uji pada setiap kadar variasi aspal yang dibuat. Sehingga total benda uji adalah 15 benda uji dari 5 variasi. Berdasarkan hasil pengujian untuk menentukan nilai KAO didapatkan kadar aspal optimum adalah 5,8%. Maka pada campuran AC-WC modifikasi menggunakan kadar aspal 5,8%.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karakteristik Marshall Campuran Beraspal		Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	800	3	250	3	15	65
	Maks	-	-	0	5	-	-
4,5		2919.32	2.12	1167.14	5.32	15.99	53.65
		2213.22	2.23	1341.99	5.14	16.42	54.77
		2134.81	2.45	1189.31	6.22	16.17	52.46
Rata-rata		2422.45	2.27	1232.81	5.56	16.19	53.63
5		3000.77	2.12	1001.88	5.22	16.70	69.12
		3108.66	2.23	1106.77	5.00	15.66	68.18
		3141.44	2.45	1781.44	5.06	16.60	57.33

Rata-rata	3083.62	2.27	1296.70	5.09	16.32	64.88
5,5	2699.78	3.20	889.35	5.06	15.99	53.65
	2658.04	3.30	901.77	4.88	16.42	54.77
	2567.99	3.30	808.38	4.56	16.17	52.46
Rata-rata	2641.94	3.27	866.50	4.83	16.19	53.63
6	2419.42	4.00	577.12	4.62	16.81	73.66
	2673.22	4.20	598.59	4.88	17.24	74.02
	2454.81	3.10	603.77	4.31	17.55	72.98
Rata-rata	2515.82	3.77	593.16	4.60	17.20	73.55
6,5	2657.99	4.50	544.32	4.00	16.23	75.81
	2345.88	4.40	556.97	4.01	16.98	76.01
	2194.81	4.40	517.67	4.06	16.44	74.99
Rata-rata	2399.56	4.43	539.65	4.02	16.55	75.60

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

d. Hasil Pemeriksaan Pengujian *Marshall*

Hasil dari pemeriksaan dan grafik dari seluruh nilai parameter *Marshall* Test dapat dilihat pada tabel dan rekap di bawah ini. Parameter yang dicantumkan adalah VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*) yang telah memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (revisi 2).

1. Hasil *Marshall* Benda Uji Kombinasi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.34. di bawah ini.

Tabel 4. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 0% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.58	0%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.25	0%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.58	0%	0%	Min 65%

Stabilitas	1505.27	0%	0%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	465.55	0%	0%	-

Rongga Udara (VIM)	3.46	0%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	22.92	0%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.89	0%	2%	Min 65%
Stabilitas	1511.82	0%	2%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	0%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	472.44	0%	2%	-

Rongga Udara (VIM)	3.75	0%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.58	0%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.91	0%	4%	Min 65%
Stabilitas	1855.41	0%	4%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	573.84	0%	4%	-

Rongga Udara (VIM)	3.94	0%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.05	0%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.94	0%	6%	Min 65%
Stabilitas	1829.23	0%	6%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	0%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	571.64	0%	6%	-

Sumber: Hasil Penelitian (2023).

2. Hasil *Marshall* Benda Uji Kombinasi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 2% dengan	Sifat	Kadar	Kadar	Spesifikasi

serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	campuran pengujian laboratorium	Resin	Serat Baja	
Rongga Udara (VIM)	3.45	0%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	20.07	0%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	82.81	0%	0%	Min 65%
Stabilitas	2061.57	0%	0%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.07	0%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	672.25	0%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.67	0%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.89	0%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	80.44	0%	2%	Min 65%
Stabilitas	2097.57	0%	2%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.25	0%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	645.40	0%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	3.97	0%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.75	0%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.17	0%	4%	Min 65%
Stabilitas	2159.74	0%	4%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	667.96	0%	4%	-
Rongga Udara (VIM)	3.94	0%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.05	0%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.94	0%	6%	Min 65%
Stabilitas	2041.94	0%	6%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.47	0%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	589.02	0%	6%	-

Sumber: Hasil Penelitian (2023).

3. Hasil *Marshall* Benda Uji Kombinasi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 4% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.12	4%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	19.80	4%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.23	4%	0%	Min 65%
Stabilitas	1593.63	4%	0%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.27	4%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	487.84	4%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.26	4%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.56	4%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	81.92	4%	2%	Min 65%
Stabilitas	1839.05	4%	2%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.30	4%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	557.29	4%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	3.69	4%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.53	4%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	86.11	4%	4%	Min 65%
Stabilitas	2015.76	4%	4%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.43	4%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	587.11	4%	4%	-
Rongga Udara (VIM)	3.76	4%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	27.91	4%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	86.53	4%	6%	Min 65%

Stabilitas	2176.10	4%	6%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.50	4%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	621.74	4%	6%	-

Sumber: Hasil Penelitian (2023).

4. Hasil *Marshall* Benda Uji Kombinasi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 6% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.68	6%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	20.25	6%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	81.86	6%	0%	Min 65%
Stabilitas	2038.66	6%	0%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.17	6%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	643.79	6%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.82	6%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	24.01	6%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	79.91	6%	2%	Min 65%
Stabilitas	2048.48	6%	2%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.30	6%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	620.75	6%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	4.93	6%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat	27.49	6%	4%	Min 15%

(VMA)				
Rongga terisi aspal (VFB)	82.05	6%	4%	Min 65%
Stabilitas	2094.29	6%	4%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	6%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	654.47	6%	4%	-

Rongga Udara (VIM)	4.92	6%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.78	6%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	82.90	6%	6%	Min 65%
Stabilitas	2012.49	6%	6%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.60	6%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	559.02	6%	6%	-

Sumber: Hasil Penelitian (2023).

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* didapatkan parameter stabilitas tertinggi adalah pada komposisi resin 2% dengan serat baja 4%, hasil stabilitas tertinggi adalah 2159.74 kg. Seluruh komposisi campuran memenuhi parameter *Marshall* yang ditentukan, mencakupi VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dari pengujian tiap komposisi modifikasi AC-WC dengan bahan tambah resin dan serat baja (*Dramix*), dapat ditarik kesimpulan seperti di bawah ini:

1. Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk *job mix design* pada test *Marshall* dengan komposisi resin 0%, 2%, 4%, 6% dengan variasi kombinasi serat baja *Dramix* 0%, 2%, 4%, 6% memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2.

2. Hasil test *Marshall* dari setiap komposisi dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya kadar serat baja *Dramix* dengan kombinasi resin, nilai VIM mengalami kenaikan, pada kadar resin 6% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0% nilai rata-rata VIM adalah 3.68% dan mengalami kenaikan nilai VIM pada kadar serat baja *Dramix* 4% yaitu 4.82, dan pada kadar serat baja *Dramix* 4% dan 6% nilai VIM adalah sebesar 4.93% dan 4.92%. Seiring bertambahnya komposisi serat baja (*Dramix*) dapat disimpulkan bahwa nilai VIM mengalami kenaikan. Begitu pula dengan semakin banyak jumlah resin yang digunakan nilai VIM juga mengalami kenaikan dapat dilihat dari hasil nilai rata-rata VIM pada uji resin 0% adalah 3.68%, resin 2% adalah 4.00%, resin 4% adalah 4.00%, dan resin 6% adalah 4.58% pada masing-masing kombinasi dengan serat baja (*Dramix*). Hasil nilai stabilitas *Marshall* masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2 dimana nilai hasil *Marshall* di atas 800kg, nilai stabilitas *Marshall*

terendah berada di komposisi campuran Resin 0% dengan serat baja (*Dramix*) 0% dengan nilai rata-rata stabilitas adalah 1505.273 kg. Nilai stabilitas *Marshall* tertinggi pada komposisi kombinasi adalah resin 2% dan serat baja *Dramix* 4% yaitu sebesar 2159.74 kg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang membantu dalam mewujudkan penelitian ini, kepada staff laboratorium perkerasan jalan fakultas teknik Unissula. Penyedia material *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Mohandas Oeloeng Kendal dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Jekulo Kudus.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Bunyamin, B., & Kurniasarir, F. D. (2021). Uji *Marshall* Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi *Filler* . *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1).
- Azis, A., Parung, H., & Irmawaty, R. (2016). Studi Tarik Belah Beton dengan Penambahan *Dramix* Steel Fiber. *Naskah Publikasi*, 1–11.
- Fitriansyah, Ari, & Nugroho, A. (2023). *PENGUJIAN MARSHALL PADA MATERIAL PENYUSUN AC-WC DENGAN TAMBAHAN LDPE DAN SERAT BAJA DRAMIX* [Doctoral dissertation]. Universitas Islam Sultan Agung.
- Johannes, D., Mangundap, K., Sugiharto, H., & Wijaya, G. B. (2017). Pengaruh penambahan serat baja 4D *Dramix* terhadap kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada beton. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(2), 40–47.
- Laila Indah, R. (2023). *ANALISIS KOMBINASI CAMPURAN SERAT BAJA DAN KAWAT BENDRAT PADA BETON KONVENSIONAL*.
- Lebang, N. L., & Lewaherilla, N. M. Y. (2021). Analisa Stabilitas Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dan Karet Alam Sebagai Material Perkerasan Jalan. *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 7(2), 140–146.
- Maghfiroh, R., & Ahyudanari, E. (2023). Peningkatan Performansi Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Serbuk Limbah UPVC. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(1), 107–112.
- Putri, S. D. Y., & Putra, K. H. (2019). MODIFIKASI CAMPURAN PERKERASAN LASTON AC-WC DENGAN PENAMBAHAN KADAR 8% GILSONITE RESIN. *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 1(1), 22–29.
- Rahman, S., & Rahmadani, R. (2023). STUDI PENGGUNAAN LPA SEBAGAI LAPIS PONDASI ATAS DALAM PEKERJAAN HOTMIX (HRS-BASE) DI HIRI KOTA TERNATE. *DINTEK*, 16(2), 89–98.
- Rizal WA, & Muhammad. (2018). *PENGARUH PENGGUNAAN GILSONITE TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPAL BETON (AC-WC)* *Effect of using gilsonite on wearing course asphalt concrete performance* [Doctoral dissertation]. Universitas Mataram.

-
- Saleh, A., & Anggraini, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Pome Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal (State Of The Art). *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, 1–19.
- Sandyna, A. N., Elfichra, A., Aqilla, A., Novaldi, K., & Adiman, E. Y. (2022). Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur Dengan Metode PCI Dan Metode SDI (Studi Kasus: Jalan As-Shofa Pekanbaru). *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 2(2), 95–105.
- Suprayitno, S., Mudjanarko, S. W., Koespiadi, K., & Limantara, A. D. (2019). Studi Penggunaan Variasi Campuran Meterial Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 8(2), 222–233.