

# ANALISIS KINERJA AC- MENGGUNAKAN RESIN LYCAL DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL (*PERFORMANCE ANALYSIS OF AC- USING LYCAL RESIN IN VIEW FROM MARSHALL PARAMETERS*)

Revan Aji Samudro<sup>1\*)</sup>, Boedi Rahardjo<sup>1)</sup>, Pranoto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

<sup>\*)</sup>revan.aji.samudro.1805236@students.um.ac.id

Diterima: 04 Agustus 2023; direvisi: 5 Juni 2024; disetujui: 24 Juni 2024.

## ABSTRAK

Kerusakan jalan menjadi masalah umum yang dialami pengguna jalan. Seiring dengan bertambahnya volume kendaraan, jalan raya menjadi lebih mudah rusak. Selain itu, jumlah kendaraan dengan muatan melebihi kapasitas beban rencana jalan yang semakin bertambah juga dapat memperpendek umur kekuatan jalan. Lapisan AC-WC sangat berpotensi mengalami kerusakan dikarenakan sering menerima tekanan dan gesekan langsung dari kendaraan. Untuk mengatasi kerusakan aspal AC-WC, kualitas aspal perlu ditingkatkan. Aspal modifikasi yang diaplikasikan pada pembuatan AC-WC dapat dijadikan opsi untuk meningkatkan kualitas perkerasan. Tujuan penelitian ini adalah menguji kinerja AC-WC dengan penambahan resin lycal ditinjau dari Parameter Marshall. Rancangan penelitian diawali dengan mempersiapkan dan menguji bahan penyusun yang digunakan serta resin lycal, selanjutnya pembuatan benda uji dengan kadar aspal optimum, berikutnya membuat benda uji Marshall dengan penambahan polimer resin lycal dengan masing-masing kadar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%, kemudian hasil dari uji Marshall dilakukan perbandingan pada nilai stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA, VFA. Ketentuan karakteristik Marshall telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2).

**Kata Kunci:** resin lycal, parameter Marshall, AC-WC, perkerasan, aspal.

## ABSTRACT

Road damage is a common problem encountered by road users. As the volume of vehicles increases, the roads become more easily damaged. In addition, the increasing number of cars with loads exceeding the planned load capacity of the road can also shorten the strength life of the road. The AC-WC layer has the potential to be damaged because it often receives direct pressure and friction from the vehicle. The asphalt quality has to be improved to overcome the damage of AC-WC asphalt pavement. Modified asphalt applied to the manufacture of AC-WC can be used to enhance pavement quality. This research aims to investigate the performance of AC-WC with the addition of lycal resin in terms of the Marshall Parameters. The research design begins with preparing and testing the constituent materials used and lycal resin, then making test specimens with optimum bitumen content, then making Marshall test specimens with the addition of lycal resin polymer with respective levels of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4%. The results of the Marshall test were compared to the stability, flow, MQ, VIM, VMA, and VFA values. The Marshall's test result complies with the 2018 Bina Marga General Specifications for Road and Bridge Construction Works (Revision 2).

**Keywords:** lycal resin, Marshall parameters, AC-WC, pavement, asphalt

## PENDAHULUAN

Kerusakan jalan menjadi masalah umum dijumpai pengguna jalan. Seiring dengan bertambahnya volume kendaraan, jalan raya menjadi lebih mudah rusak. Selain itu, jumlah kendaraan dengan muatan melebihi kapasitas beban rencana jalan yang semakin bertambah juga dapat memperpendek umur kekuatan jalan (Wahidin 2019). Salah satunya pada jalan dengan lapisan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Lapisan AC-WC sangat berpotensi mengalami kerusakan karena sering menerima tekanan dan gesekan langsung dari kendaraan. AC-WC mudah mengalami kerusakan seperti *rutting* akibat beban lalu lintas yang berulang pada lintasan sehingga perkerasan mengalami penurunan yang terletak pada jalur roda kendaraan secara memanjang (Sulaiman, Utami, dan Yuliant 2018).

Untuk mengatasi kerusakan aspal pada lapisan AC-WC, kualitas aspal dapat ditingkatkan dengan bahan modifikasi polimer (Sulaiman, Utami, dan Yuliant 2018; Cong et al. 2019). Aspal modifikasi yang diaplikasikan pada pembuatan AC-WC dapat dijadikan opsi untuk meningkatkan kualitas perkerasan. Aspal modifikasi dapat dibuat dengan menambahkan bahan yang bersifat mengeraskan pada campuran AC-WC. Aspal modifikasi diperlukan karena beberapa alasan, antara lain beban lalu lintas yang terus meningkat setiap tahun menuntut kualitas aspal yang tinggi, teknologi *superpave* yang dikembangkan pada tahun 1990-an membutuhkan spesifikasi aspal yang tinggi. (Anas et al. 2021).

Resin dapat dijadikan solusi dari masalah perkerasan jalan karena resin termasuk senyawa dengan banyak monomer sehingga termasuk dalam kategori polimer (Kartika dkk. 2017). Dari hasil penelitian Yuniarti dkk. (2020) diketahui bahwa resin epoxy dengan kadar 0,9% dapat digunakan sebagai peremaja aspal dan dapat membuat aspal tua menjadi aspal yang memenuhi beberapa syarat parameter Marshall, di antaranya, VIM, VMA, dan VFA, serta dapat meningkatkan nilai stabilitas.

Jenis resin yang memiliki modulus elastisitas tinggi dan bersifat lentur yaitu resin lycal, dan jenis resin lycal yang banyak digunakan secara luas yaitu resin lycal 1011. Resin lycal memerlukan komponen yang

disebut *catalyst* untuk melakukan proses *curing*. Perbandingan yang digunakan antara lycal dan katalis untuk proses *curing* yaitu 3:1 (Sari, Respati, dan Nugroho 2020). Resin lycal digunakan pada matriks *fiber carbon-honeycomb* sebagai penguat *body* mobil (Respati, Katsir, dan Dzulfikar 2020).

Bahan tersebut memiliki potensi yang dapat memenuhi spesifikasi minimum pada campuran aspal sehingga perlu diketahui mengenai kualitas ketahanan dan kekuatan yang lebih unggul pada bahan tersebut apabila digunakan sebagai campuran AC-WC. Dari masalah di atas, peneliti bertujuan untuk menguji pemenuhan karakteristik ketahanan dan kekuatan bahan campuran aspal beton AC-WC yang ditambahkan dengan resin lycal.

## HIPOTESIS

Penambahan resin lycal dalam campuran AC-WC dapat memenuhi karakteristik Marshall dan meningkatkan karakteristik Marshall sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) sehingga dapat diketahui bahwa kualitas aspal modifikasi dengan penambahan resin lycal lebih baik daripada aspal tanpa modifikasi.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan berdasarkan cara percobaan yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Penelitian ini dilakukan di laboratorium jalan Gedung D19, Universitas Negeri Malang serta penelitian dilakukan menggunakan alat di laboratorium dan bahan penelitiannya berupa: agregat dari PT Welang Ampuh, Aspal pen 60/70 dari PT Pertamina, filler berupa semen dari PT Semen Gresik, resin lycal 1011, dan polimer poliuretan. Penelitian ini menguji agregat berupa halus, kasar dan filler serta menguji aspal sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2).

Setelah agregat dan aspal yang sudah diuji serta memenuhi persyaratan, tahap selanjutnya melakukan perencanaan kebutuhan untuk membuat benda uji. Setelah mengetahui kebutuhan agregat, tahap selanjutnya menentukan kebutuhan aspal optimum pada benda uji.

Prosedur pembuatan benda uji diawali dengan menyiapkan agregat dan semen (sebagai *filler*) sebanyak  $\pm 1200$  gram, kemudian dipanaskan sampai suhu  $155^{\circ}\text{C}$  serta memanaskan aspal per 60/70 hingga suhu  $160^{\circ}\text{C}$ , kemudian agregat, *filler* dan aspal dicampur sampai homogen pada setiap suhu pencampuran  $150^{\circ}\text{C}$ . Setelah selesai, campuran aspal dimasukkan ke dalam cetakan. Lalu, dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali pada sisi atas cetakan dan sisi bawah cetakan sehingga campuran aspal memadat. Setelah penumbukan selesai, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan *ejector*. Lalu, setiap benda uji diberi kode berdasarkan kadar aspal. Setelah itu, benda uji didiamkan 24 jam agar dapat digunakan pada pengujian Marshall.

Ditambahkan kadar resin lycal sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% untuk sampel benda uji penambahan dengan polimer resin lycal dengan kadar aspal optimum (KAO). Pada setiap kadar resin lycal membuat 3 buah benda uji sehingga menghasilkan 15 benda uji

menggunakan kadar aspal optimum. Prosedur pembuatan benda uji diawali dengan menyiapkan agregat dan semen (*filler*) sebanyak  $\pm 1200$  gram, kemudian dipanaskan sampai suhu  $160^{\circ}\text{C}$  serta memanaskan aspal per 60/70 hingga suhu  $90^{\circ}\text{C}$ , kemudian mengambil resin lycal sebanyak % terhadap berat aspal. Lalu, aspal dan resin lycal dicampur menggunakan *stirrer mixer* pada suhu  $145^{\circ}\text{C}$  dan diaduk dengan kecepatan tetap. Kemudian, agregat, *filler*, dan campuran aspal lycal dicampur sampai homogen pada setiap suhu pencampuran  $155^{\circ}\text{C}$ . Setelah selesai, campuran aspal dimasukkan ke dalam cetakan. Selanjutnya, dilakukan penumbukan pada suhu  $145^{\circ}\text{C}$  sebanyak 75 kali pada sisi atas cetakan dan sisi bawah cetakan sehingga campuran aspal memadat. Setelah penumbukan selesai, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan *ejector*. Lalu, setiap benda uji diberi kode berdasarkan kadar resin lycal yang dicampurkan. Lalu, benda uji didiamkan 24 jam agar dapat digunakan pada pengujian Marshall.

## HASIL DAN ANALISIS

Dari pengujian agregat kasar dan agregat halus didapatkan data dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	
1.	Berat Jenis Agregat Kasar ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	SNI 1969:2008	Min. 2,5	Berat jenis bulk	2,70
				Berat jenis SSD	2,76
				Berat jenis semu	2,87
2.	Penyerapan Agregat Kasar (%)	SNI 1969:2008	Maks. 3		2,20
3.	Berat Jenis Agregat Halus ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	SNI 1970:2008	Min 2,5	Berat jenis bulk	2,41
				Berat jenis SSD	2,48
				Berat jenis semu	2,59
4.	Penyerapan Agregat Halus (%)	SNI 1970:2008	Maks. 3		2,88
5.	Keausan (%)	SNI 2417:2008	Maks. 40		15,58
6.	<i>Portland Cement</i> ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	SNI 03:2531:1991			3,11

Sementara itu, pengujian dengan menggunakan filler semen Portland dari PT

Semen Gresik didapatkan data dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Filler

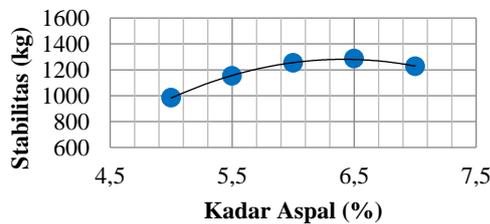
No.	Jenis <i>Filler</i>	Metode Pengujian	Berat Jenis
1.	Semen PC	SNI 03:2531:1991	3,11 ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Aspal pen 60/70

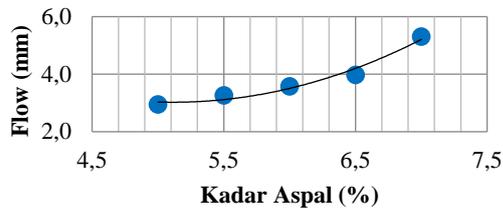
No.	Nama Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian
1.	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	SNI 2441:2011	≥1,0	1,026
2.	Penetrasi (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	66,9
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48-58	48,50
4.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232	309
5.	Titik Bakar (°C)	SNI 2433:2011	≥232	323
6.	Daktilitas (cm)	SNI 2432:2011	≥100	148,67
7.	Kehilangan Berat (%)	SNI 2440:1991	≤0,8	0,00399

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Marshall penentuan KAO

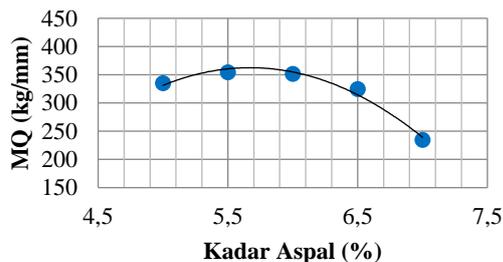
Penentuan KAO dengan tumbukan 2x75							
Parameter	Spesifikasi AC-WC		% Kadar Aspal terhadap Berat Campuran Agregat				
			5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas	Min. 800	kg	983,55	1153,63	1252,79	1285,98	1226,34
Flow	2-4	mm	3,03	3,26	3,57	3,97	5,31
MQ	Min. 250	kg/mm	334,75	354,46	351,67	324,76	234,48
VIM	3-5	%	9,34	7,87	5,52	3,99	2,44
VMA	Min. 15	%	17,45	17,14	16,08	15,76	15,45
VFA	Min. 65	%	46,46	54,10	65,64	74,69	84,22



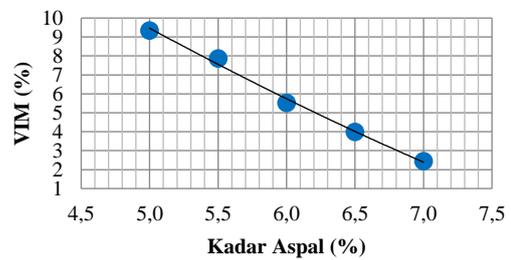
**Gambar 1.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas



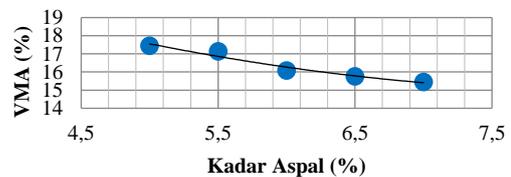
**Gambar 2.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai Flow



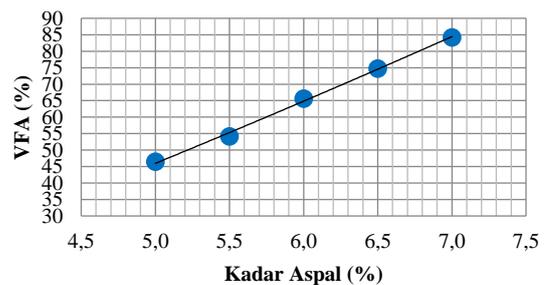
**Gambar 3.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai MQ



**Gambar 4.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai VIM



**Gambar 5.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai VMA



**Gambar 6.** Hubungan Kadar Aspal terhadap Nilai VFA

**Tabel 5.** Tabel Interaksi Hasil Pengujian Marshall untuk KAO

Parameter Marshall	Kadar Aspal %					Spesifikasi AC-WC
	5%	5.5%	6%	6.5%	7%	
Stabilitas						Min. 800 kg
Flow						2-4 mm
MQ						Min. 250 kg/mm
VIM						3-5%
VMA						Min. 15%
VFA						Min 65%

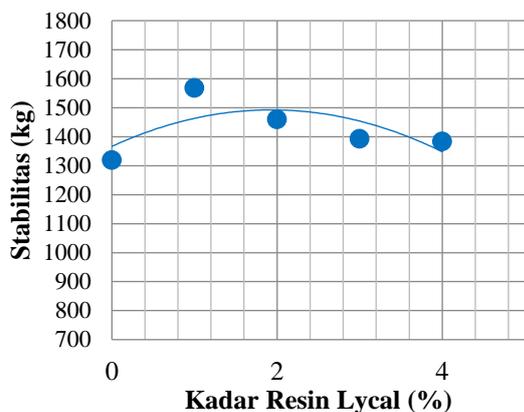
Berdasarkan tabel interaksi dalam penentuan KAO yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC yang meliputi Stabilitas, *Flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFA, diperoleh bahwa kadar aspal 6,5% memenuhi persyaratan tersebut sehingga KAO yang didapat adalah 6,5%.

**Pengujian Marshall AC-WC dengan Penambahan Resin Lycal**

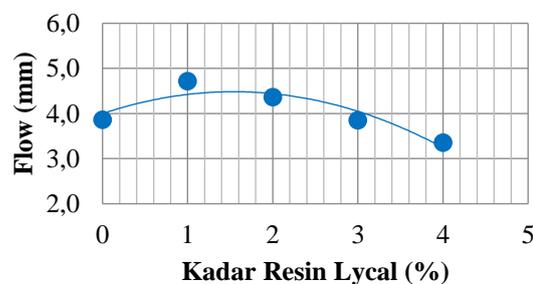
Kadar aspal yang digunakan berasal dari KAO dengan kadar 6,5% dari total berat agregat, kadar tambahan resin lycal yang digunakan adalah 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat total aspal. Setiap kadar resin lycal menggunakan 3 benda uji sebagai benda uji sampel. Dari pengujian ini didapatkan nilai parameter Marshall di antaranya stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFA. Hasil dari pengujian tersebut diambil dari nilai rerata dari hasil 3 benda uji dan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Marshall dengan Resin Lycal

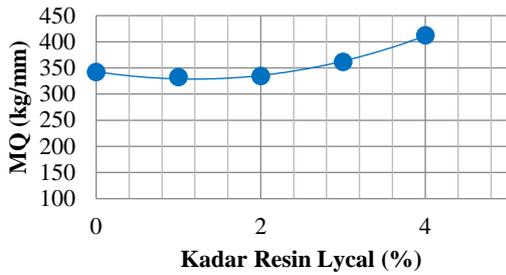
Parameter	Spesifikasi AC-WC Modifikasi		Sampel Marshall Resin Lycal dengan tumbukan 2x75				
			% Kadar Resin Lycal terhadap Berat Aspal				
			0	1	2	3	4
Stabilitas	Min. 1000	kg	1319,77	1567,62	1459,84	1392,36	1383,90
Flow	2-4	mm	3,86	4,72	4,37	3,85	3,36
MQ	Min. 250	kg/mm	341,68	332,48	334,35	361,36	412,39
VIM	3-5	%	3,26	5,23	5,11	4,45	3,20
VMA	Min. 15	%	15,24	16,97	16,86	16,28	15,19
VFA	Min. 65	%	77,78	68,42	68,94	71,92	78,08



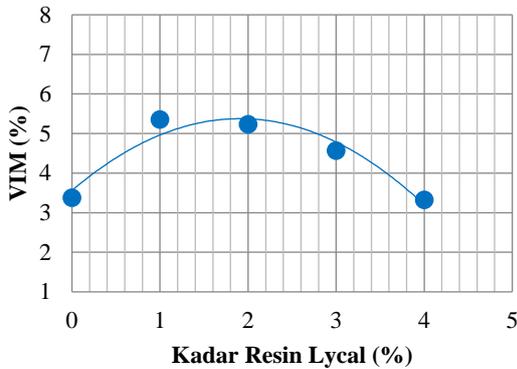
**Gambar 7.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai Stabilitas



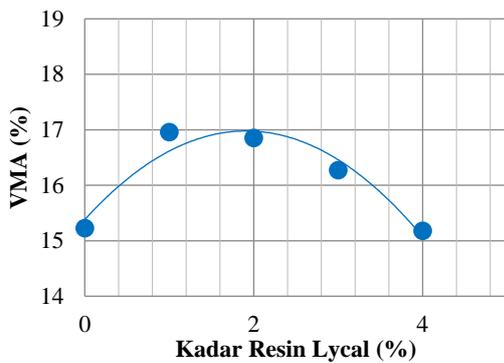
**Gambar 8.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai *Flow*



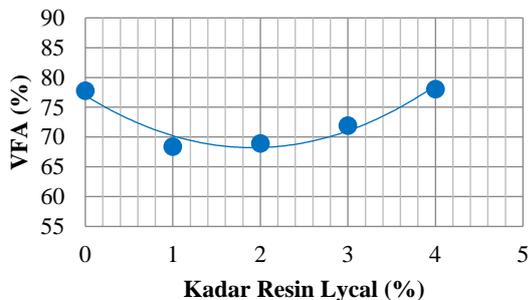
**Gambar 9.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai MQ



**Gambar 10.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai VIM



**Gambar 11.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai VMA



**Gambar 12.** Hubungan Kadar Resin Lycal terhadap Nilai VFA

## PEMBAHASAN

Pada kadar resin lycal 1% didapat nilai stabilitas tertinggi, yaitu 1567,62 kg kemudian untuk kadar resin lycal 0% didapat nilai stabilitas terendah, yaitu 1319,77 kg. Pada penelitian Kale *and* Khode (2021) dengan penambahan resin epoxy stabilitas mengalami peningkatan. Pada kadar resin lycal 1% didapat nilai stabilitas tertinggi, yaitu 1567,62 kg, kemudian untuk kadar resin lycal 0% didapat nilai stabilitas terendah, yaitu 1319,77 kg. Nilai stabilitas AC-WC modifikasi di atas sudah memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) dengan syarat nilai stabilitas AC-WC modifikasi minimum 1.000kg.

Dapat dilihat pada Gambar 8 nilai *flow* pada kadar resin lycal 0-4% berturut-turut sebesar 3,86mm, 4,72mm, 4,37mm, 3,85mm, dan 3,36mm. Menurut hasil penelitian Rizal, Yuniarti, dan Widianty (2018), penambahan resin *gilsonite* nilai *flow* mengalami penurunan. Pada penelitian ini hanya kadar resin lycal 0%, 3%, dan 4% yang memenuhi standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Untuk nilai *flow* AC-WC modifikasi yang disyaratkan, yaitu berkisar 2-4 mm.

Berdasarkan Gambar 9, terlihat bahwa nilai MQ pada kadar resin lycal 0-4% berturut-turut adalah 341,68kg/mm, 332,48 kg/mm, 334,35 kg/mm, 361,36 kg/mm, dan 412,39 kg/mm. Semua kadar resin lycal yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), yang mensyaratkan nilai MQ minimum 250 kg/mm. Semakin tinggi MQ, campuran aspal mempunyai kestabilan yang lebih tinggi dan *flow* yang lebih rendah (Zakaria dkk. 2017).

Dapat dilihat pada Gambar 10 nilai VIM pada kadar resin lycal 0-4% berturut-turut sebesar 3,26%, 5,23%, 5,11%, 4,45%, dan 3,20%. Pada penelitian ini hanya kadar resin lycal 0%, 3%, dan 4% yang memenuhi standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Untuk nilai VIM AC-WC modifikasi yang disyaratkan, yaitu berkisar 3-5 %.

Gambar 11 menunjukkan bahwa penambahan kadar resin lycal pada campuran sebesar 0-4% secara berturut-turut

menghasilkan nilai VMA sebesar 15,24%, 16,97%, 16,86%, 16,28%, dan 15,19%. Dalam penelitian ini, hasil menunjukkan bahwa semua kadar resin lycal yang digunakan memenuhi standar minimal 15% VMA pada campuran AC-WC yang telah dimodifikasi sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2).

Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai VFA pada kadar resin lycal 0-4% berturut-turut adalah 77,78%, 68,42%, 68,94%, 71,92%, dan 78,08%. Semua kadar resin lycal dalam penelitian ini memenuhi standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Standar yang disyaratkan untuk nilai VFA AC-WC modifikasi adalah minimum 65%. Untuk kadar Resin Lycal yang memenuhi karakteristik Marshall, yaitu pada kadar 3% dan 4%, KRO yang digunakan, yaitu pada kadar 3,5%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Karakteristik bahan penyusun AC-WC sebagai berikut. 1) Karakteristik bahan penyusun agregat kasar dan halus yang diperoleh dari PT Batu Kali Welang Ampuh, Kabupaten Pasuruan telah memenuhi spesifikasi pengujian berat jenis, penyerapan serat keausan berdasarkan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) tentang Perkerasan Aspal (Divisi 6).

2) Bahan pengisi (*filler*) berupa *Portland Cement* dengan jenis Semen Gresik, memenuhi spesifikasi pengujian berat jenis, yaitu sebesar 3,11 gr/cm<sup>3</sup>. 3) Berdasarkan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) tentang perkerasan aspal, dapat disimpulkan bahwa karakteristik aspal per 60/70 produksi PT Pertamina memenuhi spesifikasi pengujian yang meliputi berat jenis, penetrasi, daktilitas, titik lembek, titik nyala, titik bakar, dan kehilangan berat aspal. 4) Nilai KAO yang diperoleh untuk penelitian sebesar 6,5%. 5) Kinerja AC-WC dengan penambahan resin lycal ditinjau dari parameter Marshall, sebagai berikut: Stabilitas meningkat dengan nilai tertinggi pada kadar resin lycal 1% dan kemudian sedikit demi sedikit mengalami

penurunan, *Flow* menurun seiring bertambahnya kadar, MQ meningkat seiring bertambahnya kadar, VIM menurun seiring bertambahnya kadar, VMA menurun seiring bertambahnya kadar, VFA meningkat seiring bertambahnya kadar.

### Saran

Sebaiknya dilakukan uji aspal dengan menggunakan penambahan resin lycal untuk mencari hasil uji Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa. Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan variasi lama waktu *curing* setelah penumbukan benda uji sebelum uji Marshall dikarenakan waktu *curing* polimer dapat mempengaruhi hasil uji Marshall.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang dan para pembimbing atas arahan dan bimbingannya sehingga penelitian ini dapat terwujud.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anas, M.N., Siswanto, H., Rahardjo, B., and Taufikurrahman. 2021. Analysis of Asphalt Concrete Wearing Course made with Asphalt Polyurethane Modifier. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858.
- Cong, L., Yang, F., Guo, G., Ren, M., Shi, J., and Tan, L. 2019. The use of polyurethane for asphalt pavement engineering applications: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 225, 1012–1025.
- Kale, M.D. and Khode, B.V. 2021. Study of Epoxy Resin Modifies the Mechanical Performance of the Bituminous Material and Resin Modified Bituminous Mixture. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 8 (2), 626-632.
- Kartika, I.A., Sari, D.D.K., Pahan, A.F., Suparno, O. dan Ariono, D. 2017. Ekstraksi Minyak dan Resin Nyamplung Dengan Campuran Pelarut Heksan-Etanol. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27 (2), 161-171.
- Respati, S.M.B., Katsir, I. dan Dzulfikar, M. 2020. Body Mobil dengan Komposit Matriks Fiber Carbon-Honeycomb dan Penguat Resin Lycal. *Jurnal Teknik Mesin*, 17 (2), 29–33.
- Rizal, M., Yuniarti, R., dan Widiarty, D. 2018. Pengaruh Penggunaan Gilsonite Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-WC).

- Sari, E.D.R., Respati, S.M.B., dan Nugroho, A. 2020. Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Serat Karbon-Resin dengan Variasi Waktu Curing dan Suhu Penahan 80OC. *Momentum*, 16 (2), 150-151.
- Sulaiman, S., Utami, R. dan Yuliant, N.P. 2018. Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course akibat penambahan Karet Alam Padat SIR20 dengan Metode Eksperimental. *Jurnal Polban*, 203-207.
- Wahidin. 2019. Analysis of the Level of Road Damage Due to Vehicle Volume on Rigid Perkerasa on the Pantura Tegal - Pemalang Road in Tegal Regency. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(4), 364-367.
- Yuniarti, R., Widianty., Rohani., & Hasyim. 2020. Review on Durability of Asphalt Concrete Wearing Course Using Aged Asphalt with Various Rejuvenating Agent. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 6(2).
- Zakaria, N.M., Hassana, M.K., Ibrahima, A.N.H., Rosyidib, S.A.P., Yusoffa, N.I.M., Mohamedc, A.A., Hassand, N. 2017. The Use of Mixed Waste Recycled Plastic and Glass as an Aggregate Replacement in Asphalt Mixtures. *Jurnal Teknologi*. 80:1 (2018), 79–88.