

ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MODIFIKASI RESIN DAN KATALIS PADA PERKERASAN JALAN

Qurrota A'yun¹, Rachmat Mudiyo², & Juny Andry³

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang

³Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang

e-mail: qurrotaayun460@gmail.com

ABSTRACT

The Pantura road in Semarang-Demak often faces tidal flooding (rob) due to land subsidence and rising sea levels, caused by excessive groundwater extraction and global warming. This leads to road damage, such as cracks and potholes, endangering users. This study explores adding catalytic resin to Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) to enhance its resistance to rob. Results show that AC-WC immersed for 7 days mostly meets the 2018 Bina Marga standards, except for mixtures with 4% resin and 2% or 4% catalyst. However, immersion for 14 and 21 days causes all mixtures to fail due to increased air voids (VIM) up to 7.33%, reducing stability and causing issues like deformation, bleeding, and stripping. These findings emphasize the need for further material innovation to reduce road damage in rob-prone areas. (Times New Roman 10pt, justified, single line spacing).

Keyword : Rob, Modified Asphalt, Stability

ABSTRAK

Jalan Pantura Semarang-Demak sering terdampak banjir rob akibat penurunan tanah dan kenaikan muka air laut, yang disebabkan oleh pengambilan air tanah berlebihan dan pemanasan global. Kondisi ini memperburuk kerusakan jalan seperti retakan, lubang, dan distorsi permukaan, membahayakan keselamatan pengguna. Penelitian ini mengkaji modifikasi material perkerasan dengan menambahkan resin katalis pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) untuk meningkatkan ketahanan terhadap rob. Pengujian dilakukan dengan menentukan Job Mix Design (JMD) optimal dan mengevaluasi pengaruh perendaman selama 7, 14, dan 21 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan resin katalis yang direndam 7 hari sebagian besar memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018 Revisi 2, kecuali pada komposisi resin 4% dan katalis 2% atau 4%. Perendaman 14 dan 21 hari menyebabkan semua komposisi gagal memenuhi standar akibat peningkatan rongga udara (VIM) hingga 7,33%, yang mengurangi stabilitas, menyebabkan deformasi permanen, bleeding, dan stripping.

Kata Kunci : Rob, Aspal Modifikasi, Stabilitas.

1. PENDAHULUAN

Transportasi yang nyaman dan efektif memerlukan pemilihan bahan, metode pengerjaan, dan lokasi yang tepat. Hal ini sangat penting di jalan Pantura Semarang-Demak, yang sering mengalami banjir rob akibat penurunan tanah yang signifikan, sebagian besar disebabkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan di kawasan industri ini. Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global juga memperburuk kondisi, menyebabkan kerusakan jalan seperti lubang, retak, dan distorsi, yang membahayakan keselamatan pengguna.

Penelitian ini bertujuan menyempurnakan penelitian sebelumnya. Berdasarkan studi Juni Andry (2020), durabilitas Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang direndam dalam air rob menurun hingga 62%, disebabkan oleh kandungan asam dan sulfat tinggi dalam

air yang melemahkan ikatan antar aspal. Oleh karena itu, diperlukan penambahan zat aditif untuk meningkatkan stabilitas aspal selama perendaman.

Banjir rob terjadi ketika air laut naik dan menggenangi daratan akibat pasang surut, yang dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari, serta posisi keduanya terhadap bumi. Banjir ini sering muncul saat bulan baru dan bulan purnama (Pusat Bahasa, 2012). Biasanya, banjir rob terjadi di wilayah yang berada di bawah permukaan laut, dengan air genangan yang lebih jernih dibandingkan banjir biasa karena berasal dari laut (Salim dan Afif, 2018).

Di Kota Semarang, banjir rob dipengaruhi oleh tata ruang yang kurang tepat, di mana wilayah pengisian air tanah di Semarang atas yang seharusnya dilindungi justru dijadikan kawasan perumahan. Hal ini menyebabkan air hujan mengalir ke daerah rendah. Selain itu, penurunan tanah akibat eksploitasi air tanah dalam skala besar turut memperburuk kondisi (Kodoati, 2016).

Resin adalah getah tumbuhan yang cepat mengeras dan bersifat isolator, sehingga tidak dapat menghantarkan listrik (Ahmad Yani, 2018). Resin transparan, tidak larut dalam air, dan mudah terbakar. Secara historis, resin organik telah digunakan sebagai perekat atau pernis, seperti dalam pembuatan patung. Dengan perkembangan teknologi, resin kimia seperti melamin, epoksi, dan akrilik kini dimanfaatkan untuk memberikan efek glossy, sebagai pelapis, dan campuran pewangi (Dwi Asmi, Agung Abdi, 2016).

Katalis adalah zat yang mempercepat reaksi kimia dengan menyediakan situs aktif untuk menyatukan reaktan dan menyalurkan energi. Katalis memiliki peran penting dalam industri karena meningkatkan efisiensi reaksi secara ekonomis. Namun, katalis tidak dapat mempercepat semua jenis reaksi, contohnya efektif untuk hidrogenasi tetapi kurang pada oksidasi, tergantung pada sifat fisika dan kimia material katalis tersebut (Le Page, 1987).

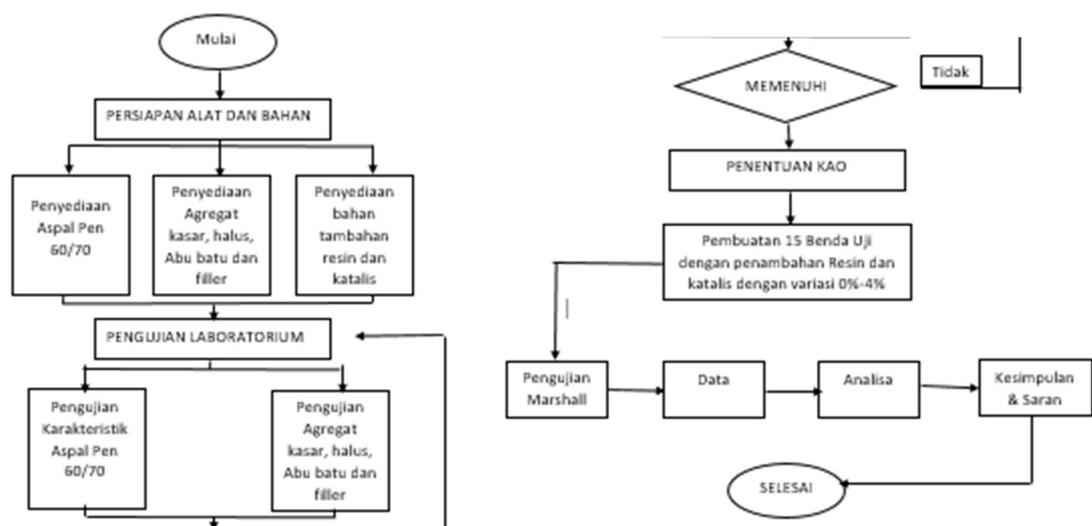
Aspal adalah bahan perekat berwarna hitam atau coklat tua yang terutama terdiri dari bitumen, diperoleh dari sisa penyulingan minyak bumi. Aspal berfungsi sebagai pengikat agregat dalam konstruksi jalan karena sifatnya yang viskoelastis, tahan pelapukan, dan memiliki ketahanan terhadap air. Material ini mencair saat dipanaskan dan mengeras kembali saat suhu turun. Komposisi aspal mencakup sekitar 80% karbon, 10% hidrogen, 6% sulfur, serta sejumlah kecil oksigen, nitrogen, dan elemen seperti besi, nikel, dan vanadium. Aspal bisa dihasilkan dari pemurnian minyak mentah atau ditemukan dalam bentuk alami bersama bahan lain (DPU Kulonprogo, 2022).

Air rob memiliki kandungan berbeda dari air laut karena bercampur dengan zat lain saat mencapai daratan. Air laut umumnya mengandung 3,5% garam, dengan 35 gram garam per liter, yang mempengaruhi sifat fisiknya seperti kepadatan, kompresibilitas, dan titik beku. Kandungan garam utama air laut terdiri dari klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), dan elemen lainnya, berasal dari pelapukan batuan, gas vulkanik, dan sirkulasi lubang hidrotermal (Riyadi, 2011; Suardi, 2009).

Penelitian menunjukkan bahwa campuran aspal yang direndam dalam air rob dalam waktu lama dapat menurunkan durabilitasnya, dengan peningkatan void in mix, VMA, kelenturan, stabilitas, dan nilai Marshall (Riyadi, 2011). Menurut Prabowo (2003), stabilitas dan durabilitas aspal berkurang saat direndam dalam air asam, dengan efek yang lebih parah seiring waktu perendaman.

Air rob yang menggenangi jalan dapat merusak lapisan perkerasan, membuatnya rapuh. Untuk mencegah kerusakan, faktor seperti gradasi campuran, Void In Mix (VIM), Void In Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled With Asphalt (VFA) harus diperhatikan. Gradasi rapat dapat mengurangi VIM, sementara VFA yang tinggi bisa menyebabkan bleeding dan retak di bawah beban berat karena lapisan aspal yang tipis.

2. METODOLOGI



Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengamati dampak perlakuan terhadap perilaku yang dihasilkan oleh perlakuan tersebut (Alsa, 2014). Sesuai dengan konsep ini, penelitian eksperimen dilakukan dengan sengaja memanipulasi variabel

tertentu untuk melihat efek dari manipulasi tersebut pada perilaku individu yang diamati (Latipun, 2012). Secara prinsip, tujuan dari penelitian eksperimen adalah untuk membangun hubungan sebab-akibat yang sistematis (Sukardi, 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahap, yaitu persiapan bahan penelitian, penentuan kadar aspal, pembuatan benda uji, dan pengujian laboratorium. Pada tahap persiapan bahan agregat diperoleh dari PT. Perwita Karya Sembung Batang, Jawa Tengah. Seluruh proses pembuatan benda uji, pengujian material, pengujian aspal, dan uji marshall dilakukan di laboratorium transportasi jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penggunaan alat bantu diharapkan mempermudah pengujian dan menghasilkan hasil yang optimal. Berikut adalah hasil pengujian material sampelnya.

Tabel 1. Pengujian Air Rob

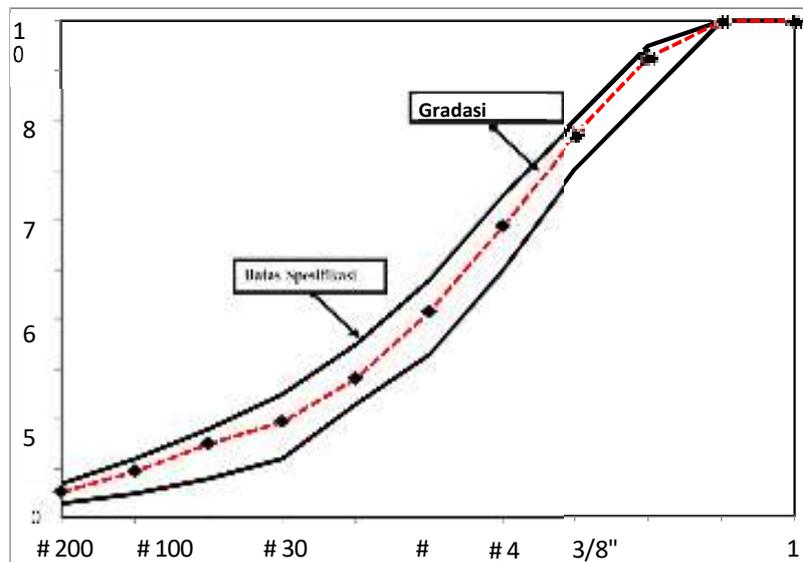
No	Parameter Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	
			Air Rob	Air Biasa
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	39	29
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	1237	939
3	Klorida (Cl)	mg/L	9551	754
4	Sulfat (SO ₄)	mg/L	2001	598
5	Kadar Garam / Salinitas	g/L	22,59	16,95
6	pH		7,14	6,98

sumber : Hasil Penelitian Juny Andri, 2023

Tabel 2. Pengujian Aspal Pen 60/70

Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Min	Max	Metode Pengujian	Satuan
Penetrasi	65	50	80	SNI 06-2456 : 1991	0,1 mm
Titik Lembek	55,56	54	-	SNI 06-2434 : 1991	°C
Titik Nyala	357	232	-	SNI 06- 2433 : 1991	°C
Daktilitas	151,5	50	-	SNI 06- 2432 : 1991	Cm
Kehilangan Berat	59,80	54	-	SNI 06- 2440 : 1991	%

Sumber : Hasil Penelitian, 2024



Gambar 1. Kombinasi Agregat

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Selanjutnya mencari nilai KAO dan didapatkan hasil berikut :

Tabel 3. Penentuan Kadar Aspal

Penentuan Kadar Aspal	
VIM (%)	5.8
VFA (%)	5.8
Stabilitas (Kg)	5.8
Flow (mm)	5.8
Marshal Quatient (kg/mm)	5.8
VMA	5.8
Kadar Aspal (%)	4 4,5 5 5,5 6

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Didapatkan Kadar Aspal Optimum sebesar 5,8%, yang mana persentase ini yang akan digunakan dalam aspal modifikasi. Sedangkan untuk komposisi material yang digunakan seauai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 4. Komposisi Material AC - WC

JENIS MATERIAL	KOMPOSISI	BERAT g	KUMULATIF g
1.Coarse Agg. (1/2')	25.00 %	300.00	600.00
2.Medium Agg. (3/8')	25.00 %	300.00	300.00
3.Abu batu	40.00 %	516.00	1080.00
4.Pasir	3.00 %	36.00	1116.00

5. Filler Semen	1.20	%	14.4	1130.4
6. Aspal	5.80	%	69.6	1200

Sumber : Hasil Penelitian,2024

Tabel 5. Persentase Zat Tambahan

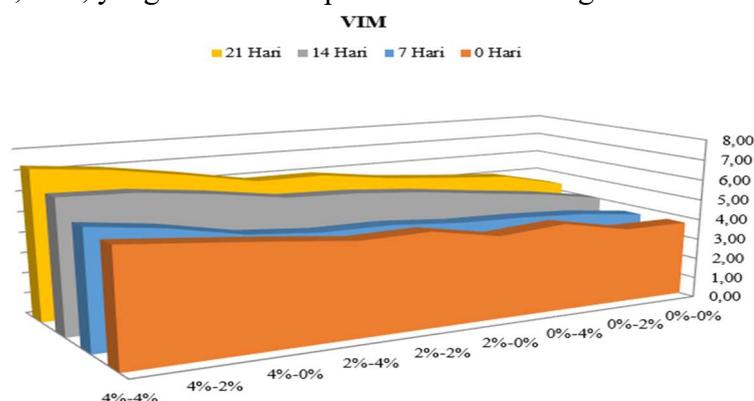
No	Resin (%)	Katalis(%)	Jumlah Sample
1	0%	0%	0%
2	0%	2%	2%
3	0%	4%	4%
4	2%	0%	2%
5	2%	2%	4%
6	2%	4%	6%
7	4%	0%	4%
8	4%	2%	6%
9	4%	4%	8%

Sumber : Hasil Penelitian,2024

Setelah semua bahan dan alat terpenuhi dan telah diuji maka akan dilakukan pembuatan sampel dan pengujian, dimana sampel akan dilakukan perendaman selama 7 hari, 14 Hari dan 21 Hari. Yang selanjutnya akan dilakukan uji marshall.

Pada perendaman 0 hari, VIM Berikut adalah hasil rekapitulasi hasil pengujiannya,

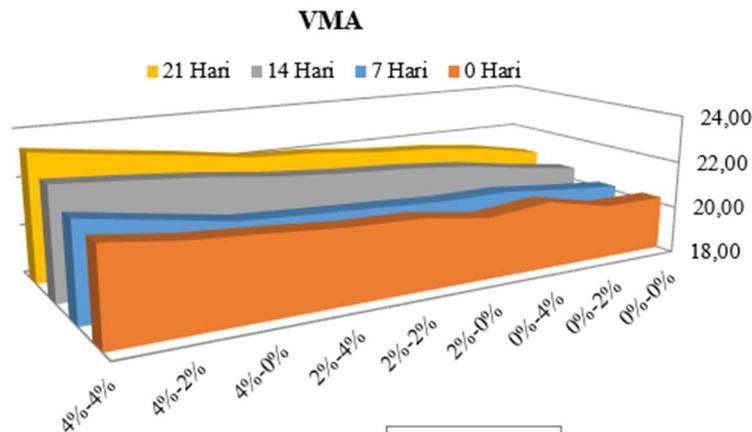
sebesar 3,69% tercapai untuk komposisi standar, sesuai spesifikasi. Namun, pada komposisi Resin 4% dengan Katalis 2% dan 4%, VIM naik menjadi 5,20%, sehingga tidak memenuhi syarat. Untuk perendaman 7 hari, komposisi standar memperoleh VIM 3,63%, tetapi komposisi Resin 4% dengan Katalis 2% dan 4% mencapai VIM 5,69%, yang juga tidak memenuhi spesifikasi. Untuk perendaman 14 hari, resin dan katalis menghasilkan nilai VIM 4,03%, 4,53%, dan 4,87%, yang memenuhi spesifikasi Bina Marga.



Gambar 2. Rekapitulasi VIM Komposisi Resin dan Katalis

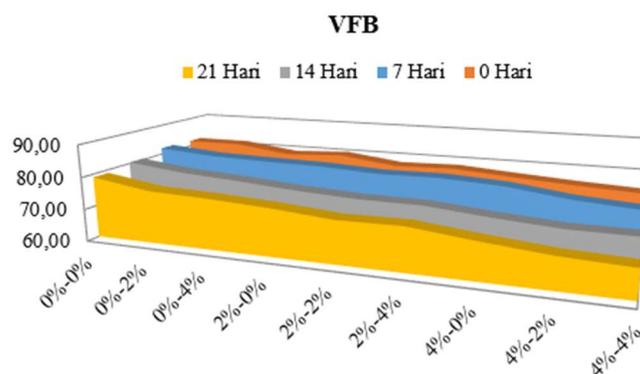
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Namun, komposisi lainnya tidak memenuhi spesifikasi karena melebihi batas yang ditetapkan. Standar Bina Marga menetapkan VIM antara 3,00% hingga 5,00%.



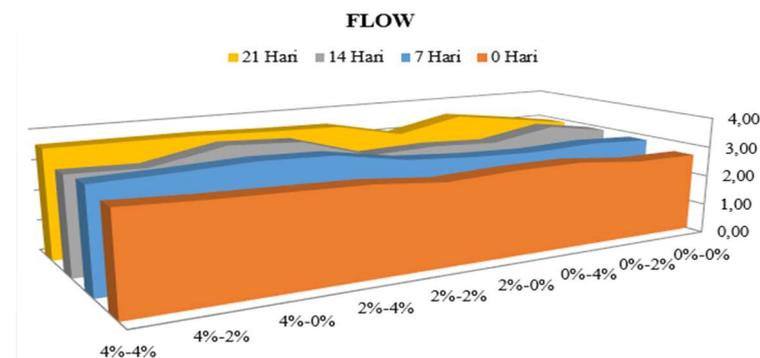
Gambar 3. Rekapitulasi VMA Komposisi Resin dan Katalis
 Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Pengujian rongga di antara agregat (VMA) pada berbagai komposisi resin dan katalis menunjukkan bahwa seluruh hasil memenuhi spesifikasi Bina Marga dan layak digunakan untuk perkerasan jalan. Nilai VMA tertinggi tercatat sebesar 23,35%. Pada perendaman 0 hari, VMA berkisar antara 20,27% hingga 21,82%; pada perendaman 7 hari, VMA antara 20,21% hingga 21,99%; pada perendaman 14 hari, antara 20,55% hingga 22,64%; dan pada perendaman 21 hari, nilai VMA berkisar dari 20,83% hingga mencapai 23,35%. Semua komposisi memenuhi batas minimum spesifikasi Bina Marga, yaitu 15%.



Gambar 4. Rekapitulasi VFB Komposisi Resin dan Katalis
 Sumber : Hasil Penelitian, 2024

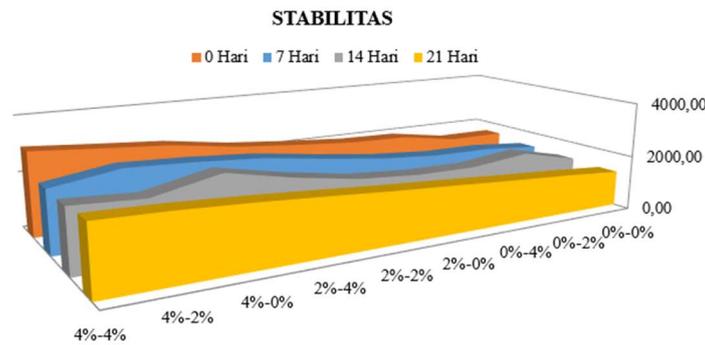
Pengujian rongga terisi aspal (VFB) pada komposisi resin dan katalis 0%, 2%, dan 4% menunjukkan hasil sesuai spesifikasi Bina Marga, dengan nilai tertinggi mencapai 81,78%. Pada perendaman 0 hari, nilai VFB berkisar antara 74,85% hingga 81,78%; perendaman 7 hari antara 74,11% hingga 82,06%; perendaman 14 hari antara 71,39% hingga 80,37%; dan perendaman 21 hari antara 68,59% hingga 79,02%. Semua komposisi memenuhi standar Bina Marga, dengan batas minimum nilai VFB sebesar **65%**. Pengujian flow pada komposisi resin dan katalis 0%, 2%, dan 4% memenuhi spesifikasi Bina Marga, dengan nilai tertinggi tercatat 3,60 mm. Pada perendaman 0 hari, nilai flow berada antara 2,63 mm hingga 3,12 mm; pada perendaman 7 hari antara 2,83 mm hingga 3,47 mm; perendaman 14 hari antara 2,83 mm hingga 3,60 mm; dan perendaman 21 hari berkisar dari 2,90 mm hingga 3,60 mm. Semua hasil memenuhi standar Bina Marga, yang menetapkan flow minimal 2,00 mm dan maksimal 4,00 mm.



Gambar 5. Rekapitulasi VIM Komposisi Resin dan Katalis

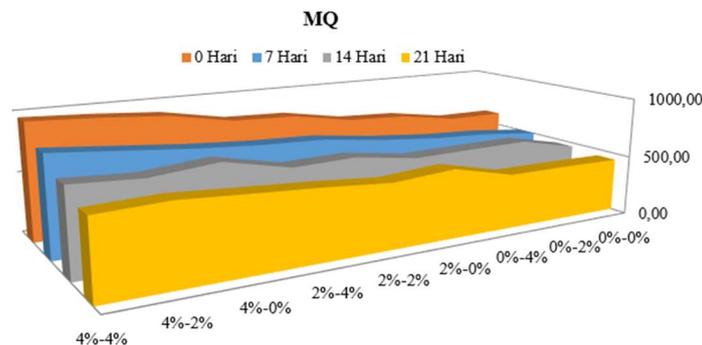
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Pengujian stabilitas pada komposisi resin dan katalis 0%, 2%, dan 4% memenuhi spesifikasi Bina Marga, dengan nilai tertinggi mencapai 3020,36 kg. Pada perendaman 0 hari, stabilitas berkisar dari 1613,26 kg hingga 3020,36 kg; pada perendaman 7 hari dari 1423,47 kg hingga 2719,31 kg; perendaman 14 hari dari 1351,47 kg hingga 2621,14 kg; dan perendaman 21 hari dari 1289,30 kg hingga 2365,90 kg. Seluruh komposisi memenuhi standar Bina Marga, yang mensyaratkan nilai stabilitas minimum 800 kg.



Gambar 6. Rekapitulasi VIM Komposisi Resin dan Katalis
 Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Pengujian Marshall Quetion (MQ) pada komposisi resin dan katalis 0%, 2%, dan 4% menunjukkan bahwa hasilnya sesuai spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan, dengan nilai tertinggi mencapai 969,10 kg/mm. Pada perendaman 0 hari, nilai MQ berkisar antara 612,63 kg/mm hingga 969,10 kg/mm; pada perendaman 7 hari antara 502,40 kg/mm hingga 824,03 kg/mm; perendaman 14 hari antara 466,03 kg/mm hingga 704,15 kg/mm; dan perendaman 21 hari dari 444,59 kg/mm hingga 639,01 kg/mm. Meskipun belum ada syarat nilai MQ yang ditetapkan oleh Bina Marga, seluruh nilai tersebut dianggap memenuhi standar.



Gambar 7. Rekapitulasi VIM Komposisi Resin dan Katalis
 Sumber : Hasil Penelitian, 2024

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Semakin lama perendaman dan semakin tinggi komposisi resin serta katalis, semakin besar nilai VIM, yang menciptakan lebih banyak rongga pada perkerasan aspal, sehingga menurunkan daya tahannya terhadap lingkungan.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi perendaman rob, komposisi 4% resin tanpa katalis (0%) dengan perendaman selama 7 hari memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018 Revisi 2.

3. Perendaman berkelanjutan memengaruhi stabilitas aspal. Penurunan stabilitas pada perendaman 7, 14, dan 21 hari dapat menyebabkan deformasi permanen, bleeding, atau stripping, yang berdampak pada ketahanan aspal secara keseluruhan.

Saran

Diperlukan pengujian lanjutan terhadap variasi komposisi resin dan katalis dalam campuran aspal guna menentukan kombinasi yang paling optimal. Selain itu, analisis jangka panjang perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerja aspal modifikasi di berbagai kondisi lingkungan. Penelitian juga sebaiknya mencakup pengaruh temperatur dan kelembapan terhadap daya tahan campuran aspal. Kolaborasi dengan dinas perhubungan dan perusahaan konstruksi dapat mendukung implementasi hasil penelitian pada proyek infrastruktur nyata. Pengembangan pedoman teknis yang komprehensif terkait penggunaan resin dan katalis dalam aspal modifikasi diharapkan dapat meningkatkan kualitas serta ketahanan jalan raya.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Transportasi Jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas penyediaan fasilitas serta bantuan teknis yang sangat mendukung proses penelitian. Penghargaan yang tulus ditujukan kepada pembimbing, rekan sejawat, serta pihak-pihak yang telah memberikan masukan substantif dan mendukung kelancaran penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdukadir, A. (2022). Optimasi campuran aspal cair menggunakan modifikasi resin epoksi. *International Journal of Road Engineering*, 29(1), 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.ijre.2022.04.011>
- Andiani, N. (2022, Mei 7). Upaya Pemerintah dalam Menangani Pemanasan Global di Bumi. Retrieved from Adjar.
- Alfarizi, M. K. (2020, Maret 2). Gletser Mencair, Pulau Baru Ditemukan di Antartika. Retrieved from Tempo.
- Asmi, D., & Abdi, A. K. (2016). Resin organik dan kimia: Penggunaan dan aplikasinya. *Jurnal Teknik dan Komposit*, 8(2), 123-130. DOI: 10.30596/snk.v1i1.3617.
- Arya, Y. K. M. (2023). Pengaruh penambahan Unsaturated Polyester Resin pada campuran aspal AC-WC. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 33(2), 112-126. <https://doi.org/10.54321/jits.v33i2.65432>

- Damar Gumilang. (2017). Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc).
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan. Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum.
- Djalante, S. (2011). Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (AC-BC) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 terhadap Air Laut Ditinjau dari Karakteristik Mekanis dan Durabilitasnya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, 1(1), 57-68.
- Diya Eka Wicaksana. (2017). Evaluasi Kinerja Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Penggunaan Asbuton Semi Ekstraksi Bna Blend 75/25 Dan Asbuton Butir Bga Tipe 20/25.
- Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kulon Progo. (n.d.). Aspal bahan utama pembuat jalan. Retrieved November 26, 2024, from <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/660/aspal-bahan-utama-pembuat-jalan>
- Erlani, R., & Nugrahandika, W. H. (2019). Ketangguhan Kota Semarang dalam menghadapi bencana banjir pasang air laut (Rob). *Journal of Regional and Rural Development Planning*, 3(1), 47-63.
- Fadil, Ahmad, & Cut. T. (2014). Perbandingan Lama Rendaman Campuran AC-WC dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar terhadap Karakteristik Marshall.
- George Stefen Muaya Oscar.H.Kaseke, Mecky.R.E.Manoppo. (2015). Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall.
- Kurniawan, A., & Budiarto, J. D. A. (2023). Pengujian campuran aspal dengan slag baja dan resin pada kondisi jalan terendam air rob. *Jurnal Teknik Jalan dan Jembatan*, 38(2), 205-218. <https://doi.org/10.7890/jtj.v38i2.54321>
- Le Page, J. F., Cosyns, J., & Courty, P. (1987). *Applied heterogeneous catalysis: Design-manufacture use of solid catalysts*. France: Institut Français du Pétrole.
- Li, Y., et al. (2023). Analisis aspal yang dimodifikasi dengan resin fenolik berbasis lignin (LPF) dan resin fenol formaldehid (PF). *Journal of Materials Science and Engineering*, 42(4), 310-324. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2023.03.009>
- Maulana, A. H., & Damara, B. (2024). Pengaruh resin fiberglass pada campuran perkerasan AC-WC menggunakan metode Marshall. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 29(4), 320-331. <https://doi.org/10.56789/jrs.v29i4.76543>
- Marfai, M. A., Rahayu, E., & Triyanti, A. (2015). *Peran Kearifan Lokal dan Modal Sosial dalam Pengurangan Risiko Bencana dan Pembangunan Pesisir*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Meng, Y., et al. (2023). Modifikasi aspal dengan resin epoksi berbasis air untuk meningkatkan performa aspal emulsi. *International Journal of Asphalt Science*, 38(2), 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.ijas.2023.02.015>

- Nahyo, Sudarno, & Setiadji, B. H. (2015). Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkalan Air Rob.
- Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. (2012). Kamuss Bahasa Indonesia. Jakarta: Depdiknas.
- Prabowo, A. H. (2013). Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (ROB) terhadap Kinerja Lataston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi. *Jurnal PILAR*, 12(2), 89-98.
- Putra, D. R., & Marfai, M. A. (2012). Identifikasi Dampak Banjir Genangan (ROB) terhadap Lingkungan Permukiman di Kecamatan Pademangan Jakarta Utara. *Bumi Indonesia*, 1(1).
- Pradani, N., et al. (2022). Gradasi Potensial Material Daur Ulang Pasca Bencana Kota Palu sebagai Bahan Penyusun Perkerasan Lentur. *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2.
- Salim, I., & Afif, M. (2018). Banjir Rob: Fenomena Alam dan Dampaknya terhadap Daerah Pesisir. *Jurnal Geografi*, 16(3), 121-134.
- Salim, M., & Afif, M. (2018). Penanganan banjir dan rob di wilayah Pekalongan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11, 15-23.
- Sukirman, S. (2012). Bahan Material Perkerasan Jalan: Agregat untuk Lapis Permukaan yang Kuat dan Kaku. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(4), 156-162.
- Sunarto, I. (2003). Banjir rob: Pola fluktuasi permukaan laut dan pengaruh gravitasi benda angkasa terhadap air laut di bumi. *Jurnal Hidrologi*, 12(2), 45-50.
- Suwardo, & Sugiharto. (2004). Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI).
- Surtanti, Y. (2009). Dampak banjir rob di pesisir Semarang: Studi tentang genangan air hujan dan saluran drainase. *Jurnal Perencanaan Wilayah*, 8(1), 34-40.
- Suryanti, E., & Marfai, M. A. (2008). Dampak banjir rob terhadap masyarakat pesisir dan infrastruktur pantai di Semarang. *Jurnal Lingkungan dan Bencana*, 15(3), 56-62.
- Wu, H. (2024). Evaluasi One-Component Waterborne Epoxy Emulsified Asphalt (OWEEA) yang dimodifikasi dengan One-Component Waterborne Epoxy (OWE) untuk aplikasi perkerasan aspal. *Journal of Asphalt and Pavement Engineering*, 45(3), 110-125. <https://doi.org/10.1016/j.jape.2024.01.002>