

STUDI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC) DENGAN VARIASI RENDAMAN OLI BARU KENDARAAN TRUCK TRAILER

Idayani¹, Kumita², Zia Ulfata³

^{1,2}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Almuslim

³Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Almuslim

*Corresponding author : idayunus08@gmail.com

ABSTRACT

Road pavement plays a critical role in ensuring smooth transportation flow and supporting regional economic growth, particularly in areas with high traffic volumes and heavy vehicle loads. This study investigates the effect of immersion duration in new truck-trailer engine oil on the Marshall characteristics of Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) mixtures. An experimental method was conducted in the Asphalt Pavement Laboratory of the Faculty of Engineering, Universitas Almuslim, using Pen 60/70 asphalt, well-graded aggregates, and new heavy-vehicle oil as the immersion medium. The optimum asphalt content (OAC) obtained from preliminary Marshall testing was 5.74% and was applied to all test specimens. The specimens were immersed in new oil for 0, 10, 20, 30, and 40 minutes before undergoing Marshall tests, including stability, flow, Marshall Quotient (MQ), density, Voids in Mix (VIM), Voids in Mineral Aggregate (VMA), and Voids Filled with Asphalt (VFA). The results show that stability values increased with longer immersion durations, with the highest stability recorded at 40 minutes (1300 kg), all of which met the 2014 Bina Marga technical specifications. Flow values for all variations remained within the standard range (2–4 mm), indicating adequate plastic deformation resistance. MQ values exhibited a rising trend as immersion time increased, suggesting greater stiffness and structural resistance. Meanwhile, density values tended to increase, while VIM values decreased, demonstrating reduced air voids due to oil penetration. VMA and VFA parameters generally met the required specifications, confirming that the AC-WC mixture maintained acceptable performance under oil exposure. Overall, the findings indicate that immersion in new engine oil can enhance the mechanical properties of AC-WC mixtures, particularly in terms of stability and stiffness, without violating established specifications. This suggests that AC-WC mixtures retain their structural performance even under oil contamination conditions typically encountered in heavy-vehicle operational areas.

Keywords : AC-WC, engine oil immersion, Marshall characteristics, stability, asphalt mixture

ABSTRAK

Perkerasan jalan memegang peranan yang sangat penting dalam menunjang kelancaran arus transportasi serta mendukung pertumbuhan ekonomi suatu wilayah, terutama dengan meningkatnya volume dan beban kendaraan berat yang melintas setiap harinya. Oleh karena itu, kualitas dan daya tahan perkerasan jalan perlu terus ditingkatkan agar mampu menahan beban lalu lintas berat secara optimal dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan inovasi terhadap material campuran aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan oli baru kendaraan berat jenis Meditran SC 15-40 terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal panas jenis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Perkerasan Aspal Fakultas Teknik Universitas

Almuslim. Kadar aspal optimum yang digunakan adalah sebesar 5,74%, dengan variasi waktu rendaman oli selama 0, 10, 20, 30, dan 40 menit. Parameter yang diuji meliputi nilai stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), density, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Asphalt (VFA). Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan nilai stabilitas seiring bertambahnya waktu rendaman, di mana nilai tertinggi tercapai pada rendaman 40 menit sebesar 1300 kg. Selain itu, seluruh parameter Marshall menunjukkan hasil yang masih memenuhi spesifikasi teknis Departemen PU tahun 2014. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan oli baru sebagai media perendaman agregat dapat menjadi alternatif inovatif dalam meningkatkan performa campuran aspal AC-WC yang lebih kuat, stabil, dan tahan terhadap beban lalu lintas tinggi.

Kata kunci: *Asphalt concrete-Wearing Course(AC-WC), Variasi Rendaman, Karakteristik Marshall*

1. Pendahuluan

Jalan adalah salah satu bagian dari sarana transportasi darat, yang fungsinya sangat penting dalam menuju peningkatan kemajuan ekonomi di suatu Negara itu sendiri. Penyempurnaan kualitas pembangunan jalan bertujuan agar mendapatkan hasil kualitas yang diharapkan dan dapat menghemat biaya produksi. (*M.Nurjana, 2020*).

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan lalu lintas dan semakin meningkatnya beban kendaraan, maka diperlukan pula peningkatan kualitas dan ketahanan konstruksi perkerasan jalan. Ketahanan konstruksi perkerasan jalan fleksibel sangat ditentukan oleh kualitas aspal yang digunakan sebagai bahan perekat agregat batuan. Salah satu usaha yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal adalah usaha meningkatkan titik leleh aspal dengan cara mencampur aspal dengan oli baru kendaraan berat dengan variasi perendaman.

Karakteristik Marshall merupakan parameter penting dalam evaluasi campuran aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kualitas dan performa campuran aspal beton, yang meliputi beberapa aspek utama seperti *stabilitas, kelelahan (flow),* dan *Marshall Quotient (MQ)*. Pengujian karakteristik Marshall

sangat penting untuk memastikan bahwa campuran aspal memenuhi standar yang diperlukan untuk menahan beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Campuran aspal yang baik harus memiliki keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas, sehingga dapat menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami kerusakan.

Studi karakteristik marshall pada campuran aspal panas (AC-WC) dengan variasi rendaman oli baru kendaraan berat merupakan topik penelitian yang penting dalam dunia konstruksi jalan. Campuran aspal panas (AC-WC) merupakan salah satu material yang sering digunakan dalam pembangunan jalan, terutama untuk jalan yang dilalui oleh kendaraan berat. Namun, penggunaan campuran aspal ini tidak luput dari masalah, salah satunya adalah marshall kekuatan campuran aspal yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Sejak tahun 1995 Bina Marga telah menyempurnakan konsep spesifikasi campuran beraspal panas bersama-sama dengan Puslitbang Jalan. Dalam Spesifikasi baru diperkenalkan perencanaan campuran beraspal panas dengan pendekatan kepadatan mutlak. Kepadatan mutlak adalah massa per satuan volume termasuk rongga contoh uji yang dipadatkan sampai mencapai tertinggi (maksimum) yang dicapai sehingga campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. Hal tersebut sesuai dengan metode pengujian

yang ditentukan dalam "Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak" (*Depkimbangwil 1999*).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh *Johnson (2017)* dalam buku "*Advances in Road Construction Technology*" menunjukkan bahwa rendaman oli baru kendaraan berat dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanis dari campuran aspal panas AC-WC. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik marshall dari campuran aspal tersebut sangat diperlukan untuk memastikan kelancaran dan keamanan jalan yang dibangun.

Dari latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa studi karakteristik marshall pada campuran aspal panas (AC-WC) dengan variasi rendaman oli baru kendaraan truck trailer merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Dengan pemahaman yang baik mengenai karakteristik campuran aspal tersebut, diharapkan dapat meningkatkan kualitas jalan yang dibangun dan mengurangi resiko kerusakan akibat pengaruh oli baru kendaraan berat. Perkerasan jalan merupakan struktur yang dirancang untuk menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar dengan aman dan efisien. Salah satu jenis perkerasan yang umum digunakan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapis aspal beton atau Laston, khususnya Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), berfungsi sebagai lapisan aus paling atas yang harus memiliki kekesatan dan kekuatan tinggi karena langsung bersentuhan dengan roda kendaraan (*Bina Marga, 2010*). Komponen utama campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (filler), dan aspal sebagai pengikat, dengan gradasi agregat yang baik sangat mempengaruhi stabilitas dan daya tahan campuran. Penelitian menggunakan metode Marshall untuk mengukur karakteristik

seperti stabilitas, flow, kepadatan, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFA, sebagai acuan dalam menentukan kadar aspal optimum yang sesuai spesifikasi.

Dalam pengembangan material campuran, variasi bahan tambahan seperti oli baru kendaraan menjadi salah satu pendekatan untuk memodifikasi sifat aspal. Penelitian sebelumnya (*Yayan Herdiana*) menunjukkan bahwa penambahan oli baru dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal dengan menurunkan viskositas aspal, sehingga lebih mudah menyebar dan membungkus agregat secara merata. Hal ini penting terutama pada kendaraan berat seperti truck trailer, yang memberikan tekanan tinggi terhadap perkerasan. Oleh karena itu, studi karakteristik Marshall pada campuran AC-WC dengan variasi rendaman oli bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh oli terhadap kinerja campuran dalam menahan beban lalu lintas berat, sekaligus menilai kelayakan oli sebagai bahan aditif dalam perkerasan aspal.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Aspal Fakultas Teknik Universitas Almuslim dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh variasi durasi perendaman oli baru kendaraan berat terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal panas AC-WC. Seluruh material yang digunakan terdiri dari aspal keras penetrasi 60/70 produksi PT Pertamina, agregat bergradasi baik yang berasal dari pabrik pemecah batu PT Takabaya, serta oli baru kendaraan truck trailer yang berfungsi sebagai media perendaman. Penelitian diawali dengan pengujian sifat fisis aspal, meliputi uji penetrasi, titik lembek, titik nyala, dan titik bakar, yang masing-masing dilakukan sedikitnya tiga kali untuk memperoleh data

yang akurat. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar melalui analisis saringan, berat jenis, dan penyerapan air untuk menentukan kualitas dan kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis. Setelah karakteristik material dasar dinyatakan memenuhi syarat, campuran aspal kemudian dipersiapkan untuk pengujian Marshall guna menentukan kadar aspal optimum. Untuk penelitian ini, kadar aspal optimum diperoleh sebesar 5,74% dan digunakan sebagai dasar penyusunan benda uji untuk perlakuan selanjutnya. Benda uji kemudian direndam dalam oli baru kendaraan berat dengan variasi waktu 0, 10, 20, 30, dan 40 menit. Seluruh proses perendaman dilakukan menggunakan bak perendam bersuhu terkontrol, yang dilengkapi kotak persegi berbahan plat seng guna mencegah terjadinya korosi pada dinding bak. Setelah proses perendaman selesai, dilakukan pengujian Marshall yang mencakup parameter stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), density, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan Void Filled with Asphalt (VFA), untuk menilai performa campuran aspal setelah mendapatkan perlakuan oli. Keseluruhan prosedur ini dirancang untuk menghasilkan data empiris yang valid sehingga dapat menjelaskan hubungan antara durasi perendaman oli baru dengan perubahan karakteristik fisik dan mekanis campuran AC-WC.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil penelitian ini mencakup analisis gradasi agregat, sifat fisis agregat dan aspal, serta pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Aggregat yang digunakan berasal dari PT. Takabeya dan menunjukkan sifat fisis yang sebagian besar memenuhi spesifikasi, kecuali pasir yang memiliki penyerapan air melebihi batas maksimum. Aspal jenis penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina juga memenuhi syarat teknis seperti berat jenis,

penetrasi, daktilitas, dan titik lembek. Gradasi agregat awal belum memenuhi spesifikasi, sehingga perlu dilakukan penyesuaian agar sesuai dengan standar Bina Marga 2010 revisi 3. Berdasarkan pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal (5,0%–7,0%), diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,74% yang memenuhi semua parameter Marshall, seperti stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA, dan VFA.

Selanjutnya, dilakukan pengujian Marshall pada campuran aspal dengan kadar aspal optimum (5,74%) yang direndam dalam oli baru kendaraan truk trailer selama 0 hingga 40 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman, terjadi kecenderungan peningkatan flow dan penurunan stabilitas. Namun, pada durasi rendaman 40 menit, nilai stabilitas masih memenuhi spesifikasi minimum (1300 kg), dan flow tetap berada dalam batas standar (3,70 mm). Hal ini menunjukkan bahwa campuran AC-WC masih memiliki ketahanan terhadap kontaminasi oli kendaraan hingga 40 menit, dengan performa terbaik justru terlihat pada rendaman terlama. Secara keseluruhan, campuran aspal masih layak digunakan meskipun mengalami kontaminasi oli dalam batas waktu tertentu.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka pada sub bab ini dibahas hasil yang diperoleh dari penelitian dan hasil pengolahan data sehingga didapat karakteristik aspal pen 60/70 tanpa substitusi dengan yang telah disubstitusi limbah ban dalam sepeda motor untuk mendapatkan presentase terbaik.

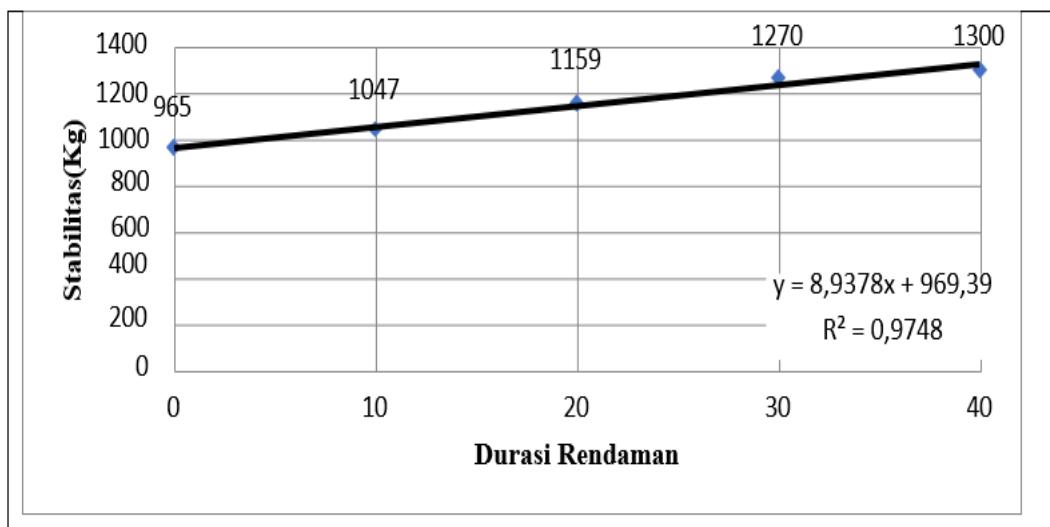
a) Tinjauan terhadap nilai stabilitas

Nilai stabilitas campuran aspal AC-WC menggunakan aspal pen. 60/70 dengan variasi waktu rendaman oli baru pada KAO 5,74%. Dari gambar 4.3 menunjukkan semua variasi rendaman nilai stabilitas memenuhi persyaratan ,yaitu > 800 kg. Stabilitas pada kadar aspal optimum tertinggi di capai oleh variasi dari rendaman

40 menit oli baru yaitu sebesar 1300 kg, sedangkan nilai terendah di peroleh pada variasi rendaman 0 menit oli bekas yaitu

sebesar 965 kg, diperlihatkan pada gambar berikut ini :

Gambar 1. Grafik Pengaruh Nilai Stabilitas Terhadap Rendaman oli baru kendaraan berat



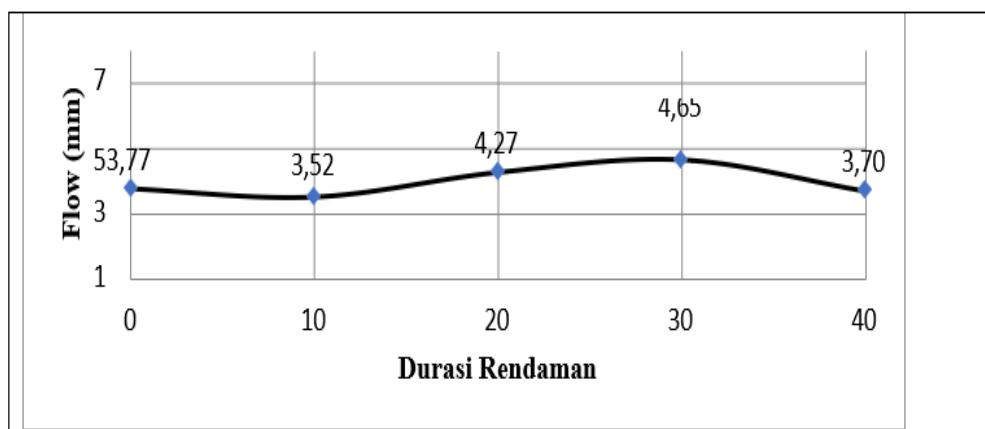
Nilai stabilitas AC-WC ini cenderung naik seiring dengan bertambahnya persentase lama rendaman. Nilai stabilitas campuran dengan variasi rendaman oli baru kendaraan berat tersebut masih memenuhi persyaratan spesifikasi bina marga yaitu ≥ 1000 kg pada waktu perendaman 40 menit dengan nilai 1300 kg.

b) Tinjauan terhadap nilai keleahan plastis (flow)

Nilai flow campuran laston lapis aus AC-WC menggunakan variasi persentase fly ash dan semen portland sebagai filler

dalam campuran aspal,nilai flow menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur . seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut ini:

Gambar 2. Grafik Pengaruh Nilai Flow Terhadap Rendaman Oli Baru kendaraan berat

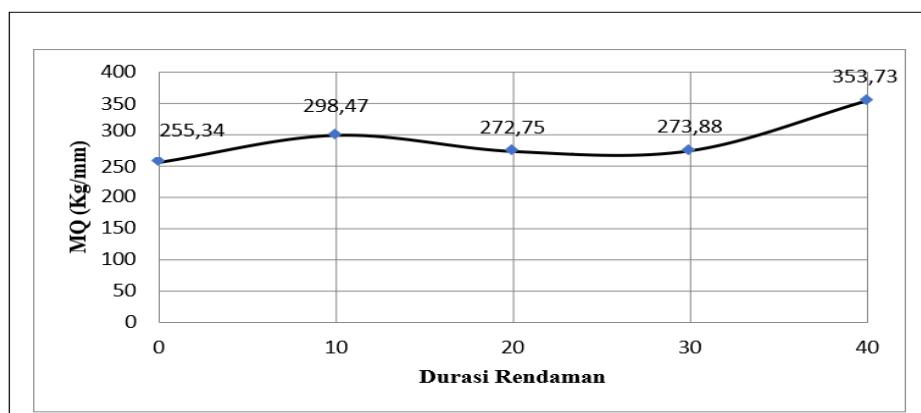


Dari Grafik tersebut, nilai flow untuk semua jenis substitusi rendaman masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh bina marga 2010 revisi (2014) yaitu antara 2 mm sd. 4 mm, sehingga perubahan bentuk (deformasi plastis) akibat pembebangan bisa terhindar dari keretakan.

c) **Tinjauan Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ)**

Nilai MQ berkorelasi negatif dengan rendaman, penurunan flow mengakibatkan nilai MQ meningkat dan bila flow tinggi, maka nilai MQ rendah. Nilai MQ rendaman oli pada benda uji aspal yang tinggi menunjukkan bahwa lapisan tersebut kurang lentur, bersifat kaku dan bila nilainya lebih rendah maka campuran aspal beton semakin lentur dan fleksibel. Seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut ini

Gambar 3. Grafik Pengaruh Marshal Quotient Terhadap Rendaman oli baru kendaraan truck



Nilai *Marshall Quotient* ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai flow dari campuran nilai *Marshall Quotient* rata-rata yang rendah disebabkan oleh nilai stabilitas rendah dan flow yang relative tinggi. Semakin besar nilai *Marshall*

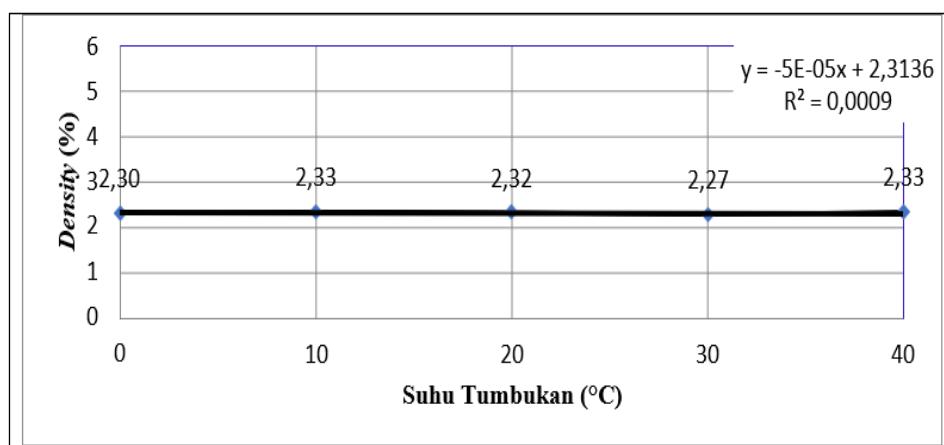
Quotient dari suatu campuran cenderung memiliki fleksibilitas rendah kaku, karena nilai *Marshall Quotient* merupakan pendekatan terhadap kekakuan dan kelenturan dari suatu campuran aspal.

d) **Tinjauan Terhadap Nilai Kepadatan (Density)**

Kepadatan (density) merupakan perbandingan antara berat kering dengan

volume benda uji campuran. Nilai density seperti yang diperlihatkan pada Gambar berikut ini :

Gambar 4. Grafik Pengaruh Nilai Kepadatan Terhadap Rendaman Oli baru kendaraan truck trailer

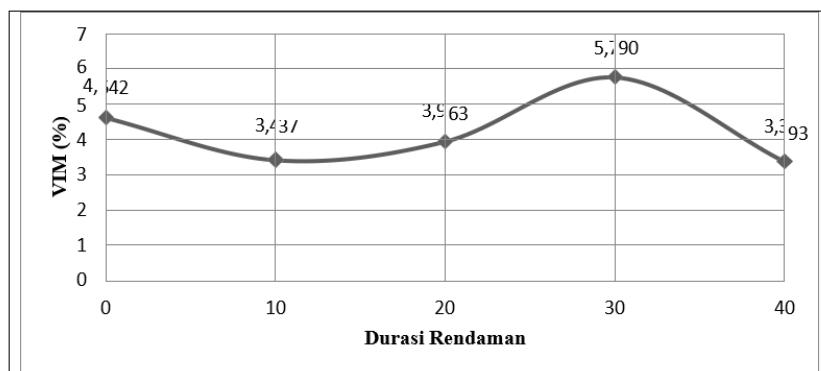


Untuk nilai density dari berbagai variasi persentase lama rendaman cenderung meningkat. Dari hasil perhitungan menunjukkan nilai density pada semua variasi rendaman yang digunakan memenuhi persyaratan yaitu $\geq 2 \text{ gr/cm}^3$.

Nilai VIM menunjukkan banyaknya rendaman, yang dinyatakan dalam menit. Nilai VIM semakin kecil tergantung kemampuan aspal dalam mengisi rongga. Nilai VIM pada rendaman laston, seperti yang diperlihatkan pada Gambar berikut ini :

e) **Tinjauan Terhadap Nilai Voids In Mix (VIM)**

Gambar 5. Grafik Pengaruh Nilai VIM Terhadap Rendaman Oli baru kendaraan truck trailer



Nilai VIM merupakan rendaman oli baru terhadap benda uji, aspal beton, VIM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemanasan tambahan

yang terjadi oleh repetisi rendaman oli baru pada jalan raya lalu lintas atau tempat aspal ketika menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. Nilai VIM semakin kecil bila

aspal bertambah banyak dan oli dapat mengisi rongga-rongga aspal beton.

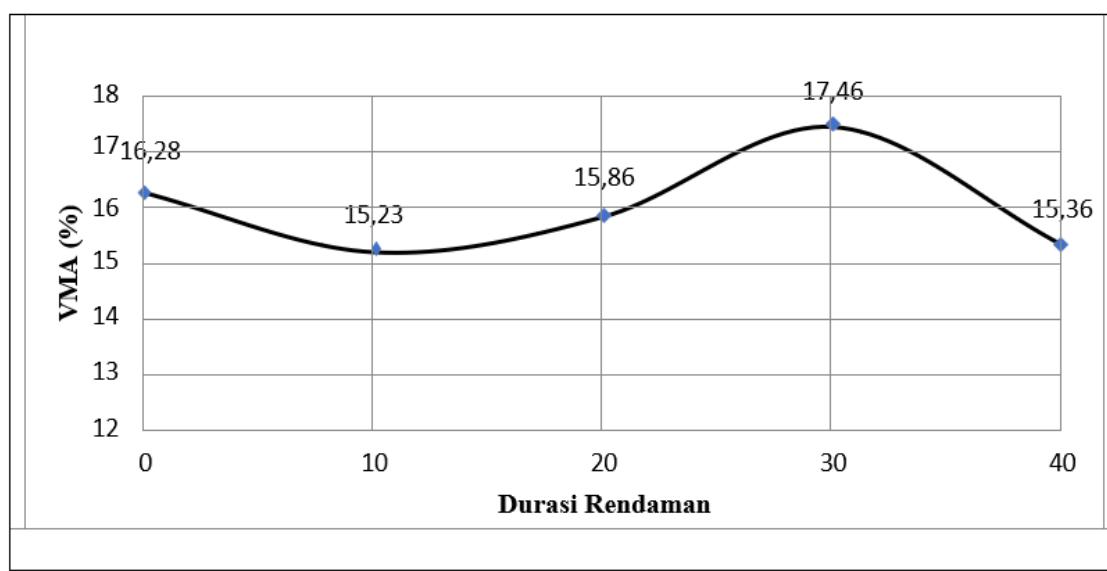
Dari gambar menunjukkan adanya penurunan nilai VIM yang disebabkan karena adanya peningkatan kadar aspal dalam rendaman dari berbagai substitusi variasi rendaman, semakin lama proses perendaman makan menyebabkan penurunan dari nilai VIM. Nilai terendah pada variasi waktu rendaman 40 menit (3,393). Dari semua nilai VIM masih

memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh Dinas Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) yaitu antara 3% s.d. 5%.

f) Tinjauan Terhadap Nilai Void In Mineral Agregat (VMA)

Nilai VMA setelah variasi rendaman oli, seperti yang diperlihatkan pada Gambar berikut ini :

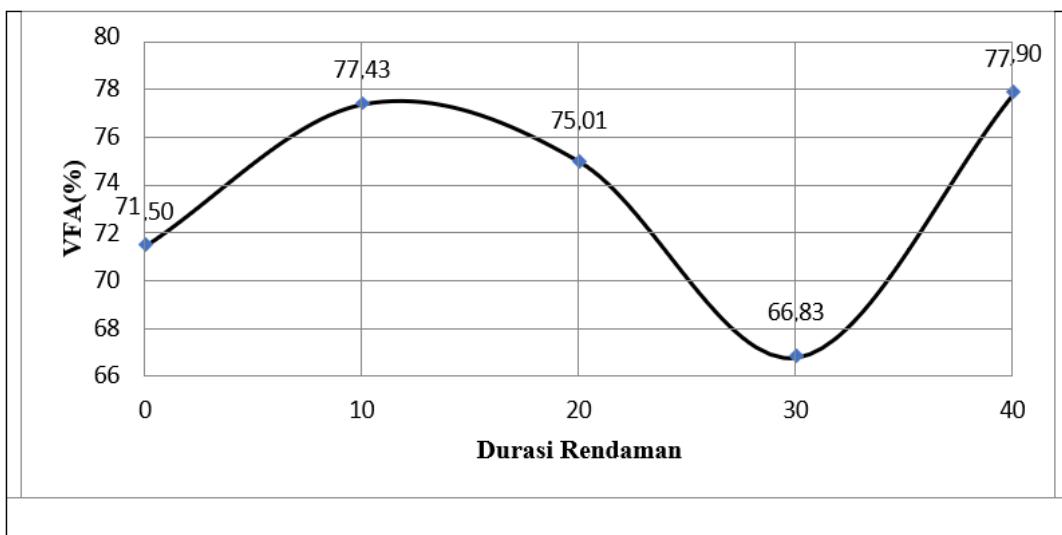
Gambar 6. Grafik Pengaruh Nilai VMA Terhadap Rendaman oli Baru



Nilai VMA AC-WC menggunakan aspal pen. 60/70 dengan proses perendaman terlihat bahwa pada semua variasi kadar aspal telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, yaitu $\geq 16,5\%$ kecuali pada variasi rendaman 30 menit. Besar kecilnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, kadar aspal yang besar akan membentuk selimut butir

agregat yang tebal, akibatnya rongga antar agregat semakin besar. Sebaliknya, kadar aspal yang sedikit akan menghasilkan selimut agregat yang tipis, sehingga rongga antar agregat semakin kecil.

g) Tinjauan Volds Filled With Bitumen (VFA)

Gambar 7. Grafik Pengaruh Nilai VFA Terhadap Persentase Limbah Ban

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai VFB tertinggi diperoleh pada rendaman 40 menit (77,90%), sedangkan nilai terendah pada rendaman 30 menit (66,83%). Nilai VFA dari semua variasi rendaman tersebut telah memenuhi persyaratan untuk campuran AC-WC yaitu $\geq 65\%$.

B. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi durasi perendaman oli baru kendaraan berat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 5,74%. Secara umum, kecenderungan perubahan nilai stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), density, VIM, VMA, dan VFA menunjukkan respon yang logis terhadap paparan oli baru sebagai media perendaman agregat, yang secara fisik dan kimiawi dapat memengaruhi adhesi antara aspal dan agregat.

Pertama, peningkatan nilai stabilitas yang terlihat pada durasi perendaman hingga 40 menit menunjukkan bahwa paparan oli baru memberikan efek positif

terhadap ketahanan campuran terhadap deformasi. Stabilitas tertinggi pada rendaman 40 menit (1300 kg) menegaskan bahwa oli baru berpotensi membantu pembentukan ikatan lebih kuat antara aspal dan agregat. Hal ini dapat dijelaskan oleh karakteristik oli baru yang secara sementara dapat meresap ke pori agregat dan meningkatkan tingkat kerapatan lokal sebelum terikat oleh aspal selama proses pemadatan. Stabilitas yang meningkat ini sesuai dengan spesifikasi Bina Marga yang mensyaratkan nilai minimal ≥ 800 kg untuk campuran beraspal panas. Dengan demikian, campuran AC-WC yang mendapat perlakuan perendaman oli memiliki performa yang tetap memenuhi standar konstruksi jalan.

Nilai flow pada seluruh variasi rendaman juga berada dalam rentang spesifikasi (2–4 mm), yang menandakan bahwa campuran aspal masih memiliki keseimbangan plastisitas yang baik meskipun terpapar oli. Peningkatan maupun penurunan flow yang terjadi sejalan dengan perilaku campuran yang semakin plastis karena paparan oli, namun tidak sampai menyebabkan deformasi berlebih. Stabilitas

yang meningkat bersamaan dengan nilai flow yang masih terkontrol membuktikan bahwa campuran aspal tidak mengalami kegagalan struktural akibat pelunakan berlebih.

Marshall Quotient (MQ), yang merepresentasikan rasio antara stabilitas dan flow, menunjukkan tren peningkatan pada durasi perendaman yang lebih lama. Nilai tertinggi pada rendaman 40 menit (353,73 kg/mm) menandakan tingkat kekakuan campuran yang meningkat. Secara teknis, MQ yang lebih tinggi menggambarkan campuran yang semakin kaku dan stabil, meskipun perlu dicatat bahwa kekakuan berlebih dapat menyebabkan kerentanan terhadap retak pada kondisi tertentu. Namun dalam konteks penelitian ini, nilai MQ yang meningkat masih berada dalam batas aman dan mencerminkan peningkatan performa campuran dalam menahan pembebanan berulang dari kendaraan berat.

Dari sisi densitas, hasil menunjukkan bahwa seluruh variasi rendaman menghasilkan nilai density $\geq 2 \text{ g/cm}^3$, yang berarti tingkat kepadatan campuran berada dalam batas standar. Peningkatan densitas sejalan dengan penurunan VIM pada seluruh variasi rendaman, menunjukkan bahwa rongga dalam campuran semakin berkurang akibat infiltrasi oli baru. Hal ini mengindikasikan bahwa oli berperan dalam mengisi rongga mikro pada agregat maupun lapisan aspal, sehingga menghasilkan campuran yang lebih padat. Kondisi ini menguntungkan dari perspektif ketahanan deformasi permanen, karena campuran yang lebih padat lebih sulit mengalami perubahan bentuk akibat lalu lintas.

Nilai VIM (Voids in Mix) yang menurun pada durasi rendaman panjang menunjukkan berkurangnya rongga udara yang tersisa dalam campuran. Nilai VIM terendah pada 40 menit (3,393%) masih berada dalam rentang syarat 3–5%. Penurunan ini mengonfirmasi bahwa oli baru memiliki interaksi fisik dengan komponen campuran yang berdampak pada peningkatan kepadatan. Pada saat bersamaan, nilai VMA dan VFA tetap berada dalam batas spesifikasi, kecuali VMA pada durasi rendaman 30 menit yang sedikit di bawah 16,5%. Variasi kecil ini masih dapat diterima karena perubahan kondisi agregat pasca perendaman dan pengaruh oli terhadap ketebalan selimut aspal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperlihatkan pola bahwa semakin lama durasi perendaman oli baru, semakin baik karakteristik Marshall yang dihasilkan, khususnya pada aspek stabilitas, MQ, dan ketahanan deformasi. Hal ini menunjukkan bahwa oli baru bukan hanya tidak merusak karakteristik campuran AC-WC, tetapi justru dapat memberikan manfaat tertentu pada kondisi penggunaan tertentu, khususnya pada jalur yang sering terpapar oli kendaraan berat seperti area parkir, terminal, atau zona perawatan kendaraan. Namun demikian, temuan ini perlu diuji lebih lanjut dalam simulasi lapangan atau studi durabilitas jangka panjang untuk mengonfirmasi efek oli terhadap ketahanan campuran terhadap suhu, retak kelelahan (fatigue), dan deformasi plastis (rutting).

Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar empiris yang kuat bahwa perlakuan perendaman oli baru berpotensi meningkatkan performa campuran AC-WC dan dapat dijadikan alternatif pendekatan

modifikasi material pada konstruksi jalan tertentu, selama tetap mematuhi batas dan syarat spesifikasi teknis Bina Marga.

4. Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Perkerasan Aspal Fakultas Teknik Universitas Almuslim Matangglumpangdua dapat diambil beberapa kesimpulan tentang Pengaruh Variasi Perendaman Oli Terhadap Stabilitas Campuran Aspal/AC-WC. Pada bab ini juga akan diberikan saran-saran yang berguna untuk kesempurnaan penulisan penelitian ini dimasa yang akan datang.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai karakteristik marshall dengan Variasi Perendaman Oli Terhadap Stabilitas Campuran Aspal/AC-Wc dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Nilai stabilitas yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, yaitu ≥ 800 kg untuk campuran aspal dan ≥ 1000 kg untuk parameter karakteristik Marshall.
2. Berdasarkan evaluasi terhadap karakteristik Marshall pada campuran AC-WC dengan variasi rendaman oli baru kendaraan berat pada kadar aspal optimum 5,77%, diketahui bahwa nilai Stability, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), dan Void in Mineral Aggregate (VMA) cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu rendaman oli. Sebaliknya, nilai Density, Flow, dan Void Filled with Asphalt (VFA) cenderung menurun.
3. Nilai Marshall Quotient (MQ) menunjukkan tren

peningkatan seiring waktu rendaman oli baru, dengan nilai tertinggi sebesar 353,73 kg/mm pada rendaman 40 menit dan nilai terendah sebesar 255,34 kg/mm pada rendaman 0 menit.

4. Durasi rendaman optimum dalam oli baru kendaraan berat adalah selama 40 menit, karena pada waktu tersebut seluruh parameter Marshall terpenuhi serta menghasilkan nilai stabilitas dan MQ tertinggi dibandingkan durasi lainnya.

Saran

1. Pada penelitian ini, tentang Pengaruh Variasi Perendaman Oli Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal AC-WC dengan durasi rendaman 0,10,20,30,40 menit. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dengan durasi rendaman yang berbeda hal ini dapat mendapatkan nilai yang berbeda.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar menggunakan solar yang memiliki pengaruh besar terhadap stabilitas pada durasi rendah.

Daftar Pustaka

Agustian, K., & Ridha, M. (2018). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Dengan Menggunakan 6% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v4i1.27>

Balaguru, P., Krishna, M. N., & Sathyagnanam, A. P. (2011). *Neural network based analysis of thermal properties rubber*

- composite material – pneumatic tire. Proceedings of the World Congress on Engineering, III.
- Bina Marga. (2010). *Spesifikasi umum 2010*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2014). *Spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan tahun 2010 (Revisi 3)*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PU.
- Bukhari. (2007). *Rekayasa bahan dan tebal perkerasan jalan raya*. Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Teknik No. 13/PT/B/1987*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2007). *Spesifikasi umum Divisi 6*. Departemen PU.
- Fadhil, A., Ismy, R., Khairunnisa, H., & Amna, K. (2025). EVALUASI KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN AC-WC DENGAN MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN LIMBAH BAN DALAM BEKAS. *Jurnal Sains Riset*, 15(1), 84-93. <https://doi.org/10.47647/jsr.v15i1.3160>
- Indra, M. (2023). *Pengaruh penambahan oli bekas pada aspal CPHMA dengan variasi perendaman* (Skripsi, Universitas Bosowa Makassar).
- Irfansyah, P. A., Setyawan, A., & Djumari, D. (2017). Karakteristik marshall pada campuran aspal beton menggunakan daspal sebagai bahan pengikat. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i3.36724>
- Mahyar, H. (2021). *Pemanfaatan limbah styrofoam untuk substitusi aspal Pen 60/70 pada Laston dengan metode pencampuran basah dan kering*. Universitas Iskandar Muda.
- Mardawa, I. G., Ahyudanari, E., & Murtiadi, S. (2020). Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Dingin dengan Asbuton Akibat Dari Penggunaan Aditif Wetfix-BE. *Sains Teknol. dan Lingkung*, 6(1), 50-60. <https://doi.org/10.29303/jstl.v6i1.149>
- Putra, M. T., Destania, H. R., & Febryandi, F. (2023). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi pada Asphalt Concrete–Wearing Course (AC–WC) dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 335-350. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5580>
- Putri, E. (2016). *Tinjauan substitusi styrofoam pada aspal Pen 60/70 terhadap kinerja campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC–WC)*. Universitas Syiah Kuala.
- Saodang, H. (2005). *Konstruksi jalan raya*. Penerbit Nova.
- Stastna, J., Zanzotto, L., & Vacin, O. (2003). Viscosity function in polymer-modified asphalts. *Journal of Colloid and Interface Science*, 259(1), 200–207.
- Suhardi, S., Pratomo, P., & Ali, H. (2016). Studi karakteristik Marshall pada campuran aspal dengan penambahan limbah botol plastik. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(2), 284-293. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v4i2.381>
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan lentur jalan raya*. Penerbit Nova.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan lentur jalan raya*. Penerbit Granit.
- Sukirman, S. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Penerbit Granit.
- Tilik, L. F. (2022). Studi Karakteristik Marshall Pada Aspal Dengan Perbandingan Lateks Pada Lapisan

Wearing Course. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 26-32.

<https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.407>

Tnorth, A. (2019). Pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) terhadap karakteristik campuran Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 dengan selulosa serabut kelapa.

Yildirim, Y. (2005). Polymer modified asphalt binder. *Construction and Building Materials*, 20(1), 66–72