



Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif *Anti Stripping Agent* pada Kinerja Campuran Aspal Karet (AC-WC)

Ahmad Saputra, Sazuatmo, Elsa Rati Hariza

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu

ahmadsaputra608@gmail.com, sazuatmo68@gmail.com, elsaratihariza@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pengaruh penambahan zat aditif terhadap campuran aspal karet (AC-WC) serta bagaimana stabilitas campuran berubah dengan penggunaan *Anti Stripping Agent* Wetfix BE. Variasi yang digunakan mencakup kadar aspal rencana 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, serta kadar Wetfix BE sebesar 0,25%, 0,3%, 0,35%, dan satu campuran tanpa aditif pada lapisan Laston AC-WC. Data primer diperoleh melalui percobaan langsung di lokasi penelitian yang meliputi pemeriksaan karakteristik bahan, penentuan Kadar Aspal Optimum, dan pelaksanaan uji Marshall. Data sekunder dikumpulkan dari instansi terkait untuk memperkuat analisis dan membandingkan hasil pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum untuk lapis permukaan AC-WC dengan aspal penetrasi 60/70 diperoleh sebesar 6,0%. Penggunaan Wetfix BE direkomendasikan pada kadar 3,5% karena dinilai mampu meningkatkan performa campuran aspal karet, terutama melalui peningkatan stabilitas. Pada pengujian Marshall, pembacaan nilai flow harus dilakukan secara teliti karena kesalahan pengukuran tidak dapat diperbaiki akibat kerusakan benda uji setelah proses penekanan. Untuk kondisi lalu lintas dengan beban berat, penggunaan Wetfix BE pada kadar 3,5% dianggap paling sesuai karena dapat meningkatkan ketahanan campuran AC-WC. Namun, penelitian ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu, penambahan zat aditif justru dapat menurunkan stabilitas, sehingga pemilihan kadar aditif perlu disesuaikan dengan karakteristik material dan kebutuhan perkerasan.

Kata kunci: Laston, *Anti Stripping*, Wetfix- BE

1. Latar Belakang

Jalan raya memiliki peran strategis dalam menunjang sistem transportasi darat dan mendorong pertumbuhan ekonomi suatu daerah, karena kelancaran mobilitas manusia dan barang sangat ditentukan oleh kualitas prasarana transportasi tersebut (Sukirman, 2019). Ketersediaan jalan yang layak dan terhubung dengan baik mampu mengurangi biaya logistik, meningkatkan konektivitas wilayah, serta memfasilitasi distribusi hasil produksi secara lebih efisien (Tamin, 2020). Dalam konteks pembangunan nasional, infrastruktur jalan juga menjadi faktor pendorong pemerataan pembangunan antarwilayah yang pada akhirnya memengaruhi kualitas hidup masyarakat. Oleh sebab itu, perencanaan konstruksi jalan yang kuat, ekonomis, aman, dan nyaman menjadi tuntutan utama dalam penyelenggaraan infrastruktur transportasi modern yang berkelanjutan (Mulyono, 2018).

Di Indonesia, terdapat dua jenis perkerasan jalan yang umum digunakan, yaitu perkerasan kaku berbahan semen dan perkerasan lentur berbahan aspal (Widodo, 2017). Kedua jenis perkerasan ini memiliki kelebihan dan karakteristik masing-masing, namun kebutuhan pembangunan jalan nasional maupun daerah lebih banyak mengarah pada perkerasan lentur. Perkerasan aspal dipilih karena fleksibilitasnya terhadap perubahan cuaca, kemudahan pelaksanaan konstruksi, biaya pemeliharaan yang relatif lebih rendah, serta efektivitasnya dalam menahan beban lalu lintas harian (Rahman, 2021). Meski demikian, perkerasan aspal tidak terlepas dari berbagai permasalahan teknis. Banyak laporan masyarakat mengenai kerusakan dini jalan berupa deformasi plastis, rutting, retak leleh, dan pengelupasan lapisan yang sebagian besar disebabkan oleh penggunaan bahan pengikat yang tidak sesuai, komposisi campuran yang kurang tepat, serta proses penebaran material aspal (Hanafiah, 2020; Prasetyo, 2019).

Dalam upaya mengatasi permasalahan tersebut dan sekaligus mendorong pemanfaatan produk lokal, pemerintah menginisiasi penggunaan polimer alami berupa karet alam sebagai bahan modifikasi aspal untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan (Basuki, 2021). Dua jenis karet alam umum digunakan, yaitu lateks cair pekat dan karet alam padat SIR 20. Keduanya memerlukan proses pravulkanisasi untuk menghasilkan karakteristik material yang stabil ketika dicampurkan dengan aspal (Widyatmoko, 2018). Meskipun lateks cair pekat banyak diaplikasikan, penggunaannya di lapangan terkendala oleh harga yang lebih mahal dan proses penanganan yang tidak mudah dilakukan oleh petani karet (Siregar, 2021; Putra, 2020). Oleh karena itu, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR melaksanakan program pembelian SIR 20 hingga 53.000 ton pada kurun 2019–2021 sebagai upaya mendukung industrialisasi aspal karet nasional. Namun, hingga 2022, hanya sebagian kecil yang telah berhasil diproses menjadi produk aspal karet siap pakai (PUPR, 2022; Badan Litbang, 2021).

Faktor penting lain dalam ketahanan perkerasan adalah daya ikat antara aspal dan agregat. Kualitas adhesi sangat menentukan durabilitas dan umur layanan suatu perkerasan, terutama dalam kondisi lalu lintas berat atau pada wilayah dengan curah hujan tinggi (Sukirman, 2018). Melemahnya ikatan ini dapat menyebabkan kerusakan berupa stripping, retak-retak, pengelupasan butir, hingga kegagalan struktural pada perkerasan (Sunarjono, 2017). Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan anti stripping agent seperti Wetfix BE telah banyak direkomendasikan sebagai bahan tambah yang mampu meningkatkan adhesi serta mengurangi kerusakan akibat pengaruh air (Hermanto, 2020; Kurniawan, 2021).

Evaluasi penggunaan aditif dilakukan secara eksperimental melalui metode uji Marshall, yang bertujuan mengukur stabilitas, flow, densitas, VIM, VMA, dan Marshall Quotient campuran (Yulianto, 2019). Dalam penelitian campuran aspal karet (AC-WC), variasi kadar aditif menjadi variabel penting untuk mengetahui sejauh mana bahan tersebut dapat meningkatkan karakteristik campuran (Saputra, 2020). Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis perilaku campuran AC-WC yang dimodifikasi dengan anti stripping agent serta menentukan kadar optimum guna meningkatkan ketahanan perkerasan terhadap kerusakan akibat hilangnya adhesi (Dewi, 2021).

2. Metode Penelitian

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan melalui prosedur yang sistematis untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan sesuai dengan tujuan penelitian. Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode yang telah ditetapkan agar sampel yang diperoleh dapat mewakili kondisi yang diteliti. Data penelitian bersumber dari dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan melalui serangkaian percobaan pada lokasi penelitian. Prosedur pengumpulan data primer dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu pemeriksaan bahan, penentuan kadar aspal optimum, serta pelaksanaan pengujian Marshall Test. Sementara itu, data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung di lokasi, melainkan dikumpulkan dari instansi atau lembaga yang memiliki hubungan dengan penelitian ini, sehingga data tersebut menjadi pelengkap dan pendukung analisis terhadap data primer. Dengan memadukan kedua jenis data tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan temuan yang lebih akurat, komprehensif, dan dapat dipertanggungjawabkan. Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang mencakup seluruh aspek penting dalam analisis Time Cost Trade Off. Pertama, data dari Kurva S digunakan untuk mengetahui perkembangan proyek dari waktu ke waktu. Kurva ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai perbandingan antara rencana dan realisasi pekerjaan, sehingga memudahkan evaluasi kinerja proyek. Kurva S yang menyerupai huruf “S” menunjukkan pola percepatan pada tahap awal dan akhir proyek, serta perlambatan pada tahap tengah proyek, yang merupakan pola umum dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Kedua, data Rencana Anggaran Biaya (RAB) digunakan untuk menghitung estimasi total biaya proyek dan menganalisis pengaruh penambahan jam kerja terhadap total biaya dan durasi pelaksanaan. RAB juga digunakan untuk menilai besaran biaya langsung maupun tidak langsung yang akan terpengaruh oleh strategi percepatan. Selanjutnya, data Harga Perkiraan Sendiri (HPS) digunakan untuk memberikan acuan nilai wajar pekerjaan serta membandingkan kebutuhan biaya antara kondisi normal dan kondisi percepatan. HPS ini meliputi daftar harga satuan material, peralatan, serta upah tenaga kerja yang menjadi dasar perhitungan biaya dalam proses analisis TCTO. Selain itu, literatur dari penelitian terdahulu turut digunakan sebagai landasan teori dan pembandingan untuk memperkuat analisis yang dilakukan.

Bagan alir penelitian menggambarkan alur kegiatan penelitian yang dimulai dari tahap persiapan, pengumpulan data, pengujian laboratorium, analisis hasil, hingga penarikan kesimpulan. Pada tahap awal, dilakukan identifikasi

kebutuhan penelitian dan penentuan metode yang tepat untuk memperoleh data yang relevan. Selanjutnya, proses pengumpulan data dilakukan melalui pengambilan data primer di lapangan dan pengumpulan data sekunder dari berbagai instansi terkait. Data yang telah terkumpul kemudian melalui tahap pemeriksaan dan pengujian, seperti pemeriksaan bahan, pengujian karakteristik agregat dan aspal, serta pengujian Marshall. Setelah seluruh pengujian selesai, hasil uji dianalisis berdasarkan standar yang berlaku untuk menentukan karakteristik campuran perkerasan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan hasil analisis menjadi kesimpulan dan rekomendasi yang menggambarkan kualitas campuran serta implikasinya terhadap perkerasan jalan. Bagan alir ini menjadi pedoman pelaksanaan penelitian agar setiap langkah berjalan sistematis dan tidak menyimpang dari metodologi.

Tahapan penelitian pada studi ini dimulai dengan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam rangkaian pengujian laboratorium. Persiapan ini meliputi penyediaan berbagai peralatan seperti seperangkat ayakan, timbangan, kompor, kuali, mold, mesin penumbuk, alat ukur benda uji, mesin Los Angeles, serta seperangkat alat uji Marshall. Selain itu, bahan-bahan penelitian yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, aspal karet penetrasi 60/70, serta zat aditif jenis Wetfix-Be juga dipersiapkan dengan cermat agar memenuhi standar kelayakan uji. Setelah seluruh alat dan bahan tersedia, dilakukan pemeriksaan bahan sebagai tahap awal untuk mengetahui karakteristik fisik dari agregat maupun aspal. Pemeriksaan agregat meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, kelekatan terhadap aspal, analisis saringan, serta pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles. Sedangkan untuk aspal, pengujian meliputi berat jenis, penetrasi, daktilitas, titik lembek, serta titik nyala dan titik bakar. Semua pengujian dilakukan sesuai standar yang berlaku untuk memastikan kualitas data. Selanjutnya, tahapan pelaksanaan penelitian mencakup serangkaian uji seperti pemeriksaan penetrasi bitumen, percobaan titik lembek, pengujian titik nyala dan titik bakar, pengujian berat jenis bitumen keras, pemeriksaan daktilitas, pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal, analisis saringan agregat halus dan kasar, serta pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus. Setiap pengujian dilakukan mengikuti metode pelaksanaan yang rinci dan terstandar, mulai dari persiapan sampel, proses pengujian, pencatatan hasil, hingga analisis data. Rangkaian tahapan ini memberikan dasar yang kuat dalam mengevaluasi kualitas bahan penyusun campuran perkerasan sehingga hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian material agregat yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelayakan agregat sebagai bahan penyusun campuran perkerasan berdasarkan karakteristik fisik yang meliputi gradasi, berat jenis, dan penyerapan air. Pengujian gradasi agregat kasar, medium, dan halus menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel pada masing-masing fraksi berada dalam rentang standar yang diizinkan, sehingga agregat memenuhi persyaratan untuk dapat digunakan sebagai bahan campuran. Hasil analisis saringan pada agregat kasar memperlihatkan bahwa fraksi terbesar lolos pada saringan 9,50 mm dan fraksi terkecil tertahan pada saringan No.200. Persentase lolos kumulatif agregat kasar berkisar antara 6,29% hingga 100%, yang menunjukkan bahwa agregat memiliki komposisi ukuran yang baik dan tidak mengalami kesenjangan gradasi. Pada agregat medium, persentase lolos kumulatif berada antara 4,84% hingga 100%, menandakan bahwa fraksi medium memberikan transisi ukuran yang baik untuk mengisi ruang di antara agregat kasar dan halus. Sementara itu, agregat halus memiliki persentase lolos antara 1,69% hingga 100%, dengan dominasi tertahan pada saringan berukuran lebih besar, yang menunjukkan bahwa agregat halus memiliki proporsi butiran besar yang lebih tinggi dibandingkan fraksi halus dalam standar umum pasir. Secara keseluruhan, hasil ini memperlihatkan distribusi ukuran agregat yang merata, sehingga ketika digabungkan mampu membentuk campuran dengan kestabilan dan kepadatan yang optimal. Gambar hasil kombinasi gradasi gabungan juga menunjukkan bahwa kurva gradasi berada dalam batas-batas spesifikasi standar, memperkuat kesimpulan bahwa agregat layak untuk digunakan sebagai material penyusun.

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, diperoleh bahwa nilai berat jenis bulk rata-rata sebesar 2,625 gr/cc, berat jenis SSD sebesar 2,657 gr/cc, dan berat jenis semu sebesar 2,712 gr/cc. Nilai berat jenis yang berada di kisaran 2,6–2,7 gr/cc menunjukkan bahwa agregat kasar memiliki densitas tinggi, yang merupakan karakteristik penting untuk mencapai stabilitas struktural pada lapisan perkerasan. Penyerapan agregat kasar diperoleh sebesar 1,231%, menandakan bahwa pori agregat tidak terlalu besar dan masih berada dalam batas toleransi menurut standar teknis. Nilai penyerapan yang rendah ini penting karena penyerapan air yang terlalu besar dapat meningkatkan kebutuhan bahan pengikat dan memengaruhi daya ikat campuran secara keseluruhan. Secara teknis, agregat kasar dalam penelitian ini menunjukkan kualitas yang baik untuk digunakan dalam perkerasan, terutama pada lapisan yang membutuhkan kekuatan tekan tinggi.

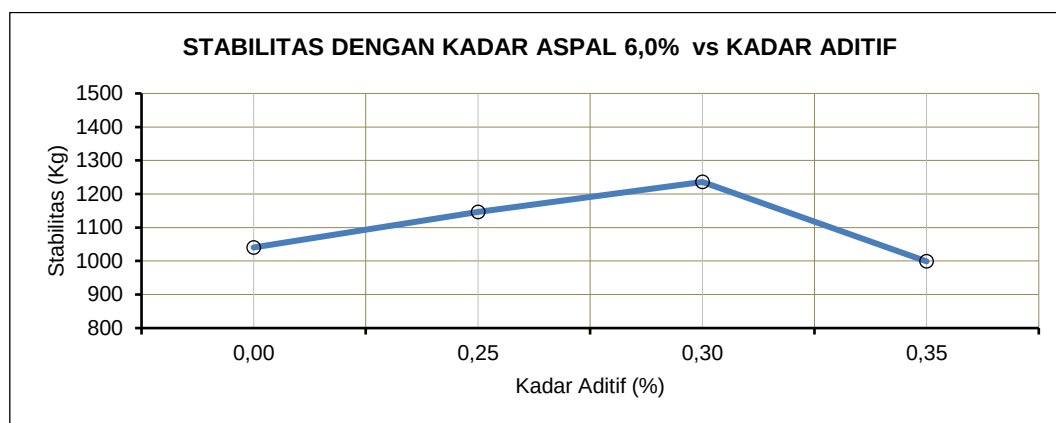
Agregat medium juga menunjukkan karakteristik fisik yang sangat baik. Berat jenis bulk rata-rata diperoleh sebesar 2,559 gr/cc, sedangkan berat jenis SSD dan berat jenis semu masing-masing sebesar 2,589 gr/cc dan 2,639 gr/cc. Nilai penyerapan agregat medium sebesar 1,185% menunjukkan bahwa agregat medium memiliki tingkat porositas yang mendekati agregat kasar, sehingga dapat berfungsi sebagai material transisi yang baik dalam campuran agregat. Material dengan penyerapan rendah umumnya lebih stabil dalam menciptakan ikatan antara agregat dan bahan pengikat, serta lebih tahan terhadap perubahan kadar air dalam lingkungan. Hasil ini menegaskan bahwa agregat medium yang diuji memiliki kualitas yang memenuhi persyaratan dan dapat meningkatkan kinerja campuran secara keseluruhan karena sifat mekaniknya yang baik.

Sementara itu, agregat halus memiliki rata-rata berat jenis bulk sebesar 2,538 gr/cc, berat jenis SSD sebesar 2,595 gr/cc, dan berat jenis semu sebesar 2,692 gr/cc. Nilai ini menunjukkan bahwa agregat halus memiliki densitas sedikit lebih rendah dibandingkan agregat kasar dan medium, namun masih berada dalam standar kualitas yang diterima. Penyerapan air agregat halus diperoleh sebesar 2,254%, yang merupakan nilai tertinggi di antara ketiga jenis agregat. Penyerapan yang lebih tinggi pada agregat halus umum terjadi karena ukuran partikel yang lebih kecil cenderung memiliki pori-pori permukaan yang lebih besar. Meskipun demikian, nilai penyerapan agregat halus ini masih dalam batas toleransi dan dapat diterima dalam campuran, selama dilakukan penyesuaian terhadap kadar bahan pengikat untuk mengimbangi peningkatan kebutuhan akibat porositas agregat halus. Dengan kata lain, meskipun agregat halus memiliki penyerapan lebih tinggi, sifat tersebut masih dapat dikompensasi dalam proses perancangan campuran sehingga tidak menurunkan kualitas konstruksi secara keseluruhan.

Dilihat secara komprehensif, hasil pengujian material agregat menunjukkan bahwa ketiga jenis agregat (kasar, medium, dan halus) memenuhi persyaratan standar untuk digunakan dalam campuran perkerasan. Kombinasi gradasi yang baik akan menghasilkan campuran yang padat, stabil, dan memiliki rongga udara optimis yang dibutuhkan untuk memastikan ketahanan lapisan perkerasan terhadap beban lalu lintas. Demikian pula, nilai berat jenis yang konsisten dan penyerapan yang berada dalam batas toleransi menunjukkan bahwa agregat memiliki struktur internal yang kuat dan tidak rapuh, sehingga mampu bertahan terhadap tekanan dan perubahan kondisi lingkungan. Hasil ini memberikan dasar yang kuat dalam tahap selanjutnya, yaitu proses perancangan campuran (mix design), karena karakteristik fisik agregat telah memenuhi standar kualitas yang diperlukan. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa kualitas agregat sangat menentukan performa perkerasan dan bahwa material yang digunakan dalam penelitian ini tergolong layak dan memenuhi spesifikasi teknis yang dipersyaratkan.

Stabilitas

Untuk nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran, nilai stabilitas diperoleh dari hasil pengujian *Marshall*. Hasil dari pengujian stabilitas dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini



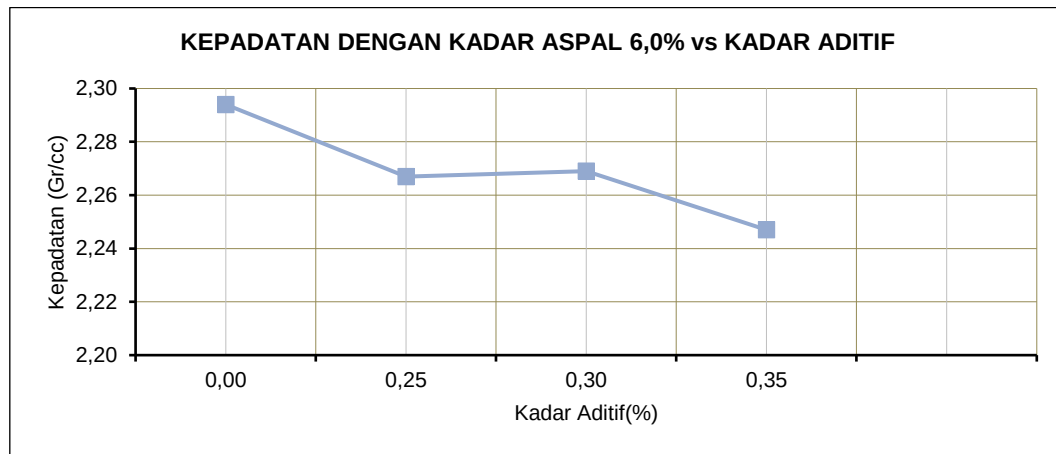
Gambar 4. 1 Grafik Nilai Stabilitas Campuran Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.10 dapat dilihat stabilitas tanpa aditif adalah 1,041 kg. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat Stabilitas menjadi naik sebesar 1,147 kg. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat stabilitas menjadi naik sebesar 1,236 kg. Sedangkan pada penambahan aditif sebanyak 0,35%

terjadi penurunan nilai stabilitas menjadi 999 kg. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0,3%.

Kepadatan

Kepadatan aspal merupakan perbandingan antara berat campuran aspal dengan volume campuran dalam satuan gr/cm³. Nilai kepadatan didapat dari hasil pengujian *Marshall Test*. Dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.

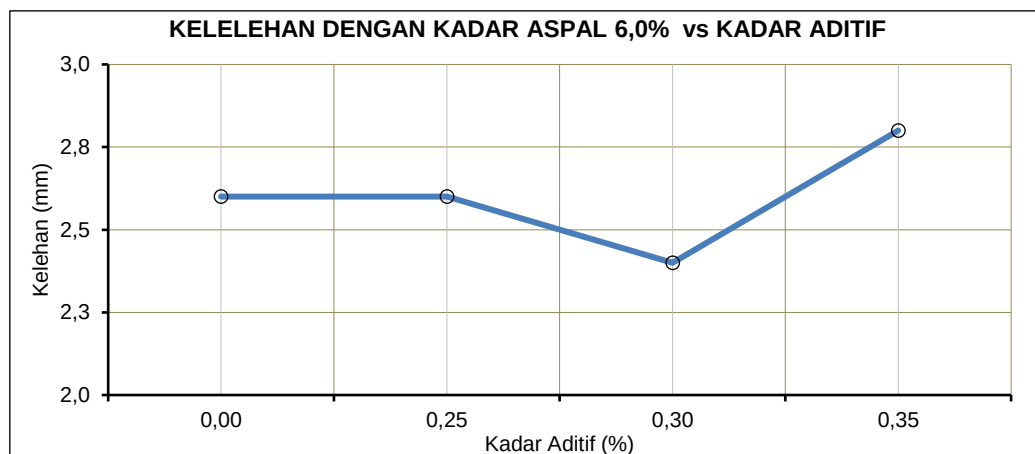


Gambar 4. 2 Grafik Nilai Kepadatan Dengan Campuran Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.11 dapat dilihat kepadatan tanpa aditif adalah 2,294 gr/cm³. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat kepadatan menjadi turun sebesar 2,267 gr/cm³. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat kepadatan menjadi turun sebesar 2,269 gr/cm³. Penambahan aditif sebanyak 0,35% dari kadar aspal nilai kepadatan menjadi turun 2,247 gr/cm³. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0% atau tidak menggunakan zat aditif.

Kelelahan (flow)

Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai *flow* didapatkan dari hasil pembacaan pada alat *Marshall Test*. Hasil dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.



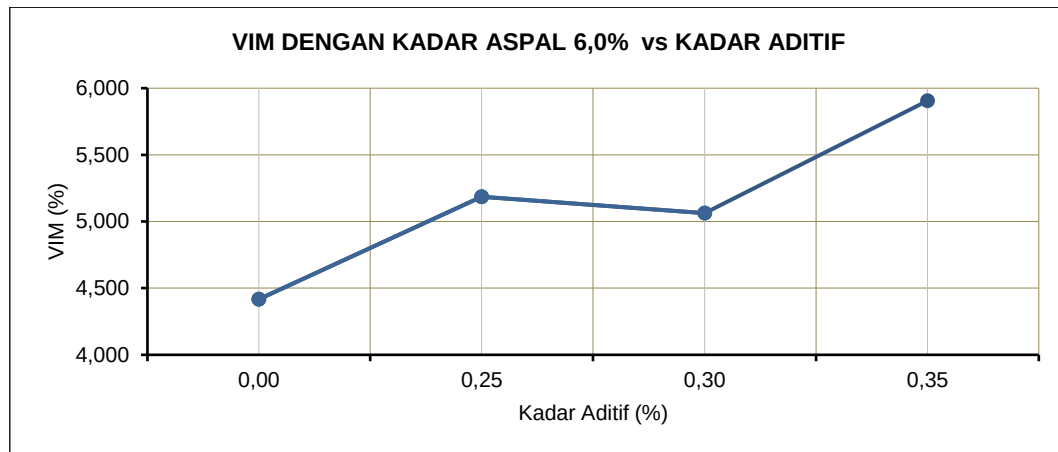
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Flow Campuran Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.12 dapat dilihat kelelahan tanpa aditif adalah 2,6 mm. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat kelelahan tetap sebesar 2,6 mm. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat kelelahan menjadi turun sebesar 2,4 mm. Sedangkan pada penambahan aditif sebanyak 0,35% terjadi

kenaikan nilai kelelahan menjadi 2,8 mm. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0,35%.

VIM (Void In Mixture Rongga Udara Dalam Campuran)

Nilai dari VIM untuk mengetahui persentase rongga yang terdapat dalam suatu campuran. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hasil pengujian VIM dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.

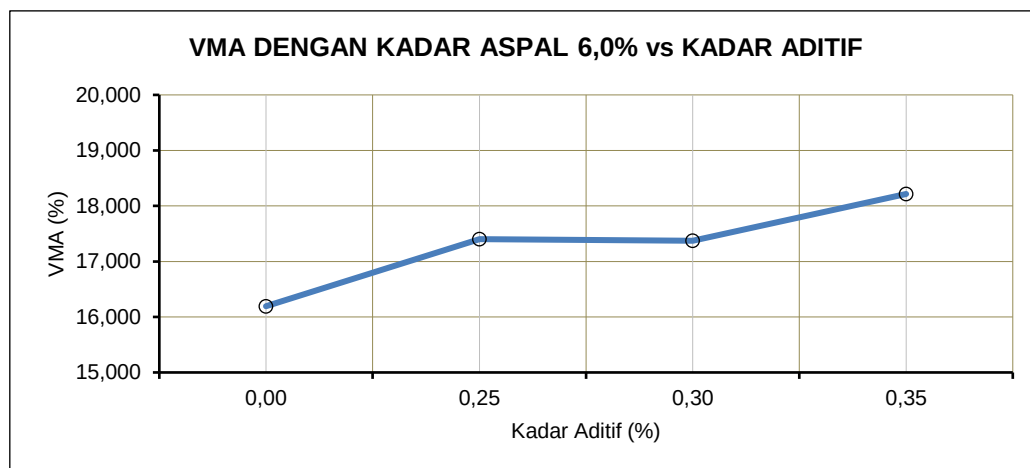


Gambar 4. 4 Grafik Nilai VIM Terhadap Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.13 dapat dilihat nilai VIM tanpa aditif adalah 4,417%. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat VIM naik sebesar 5,186%. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat VIM menjadi turun sebesar 5,063%. Sedangkan pada penambahan aditif sebanyak 0,35% terjadi kenaikan nilai VIM menjadi 5,905%. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0,35%.

VMA (Void In Mineral Agregat)

VMA adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Hasil pengujian nilai VMA dapat dilihat pada gambar 4.14.



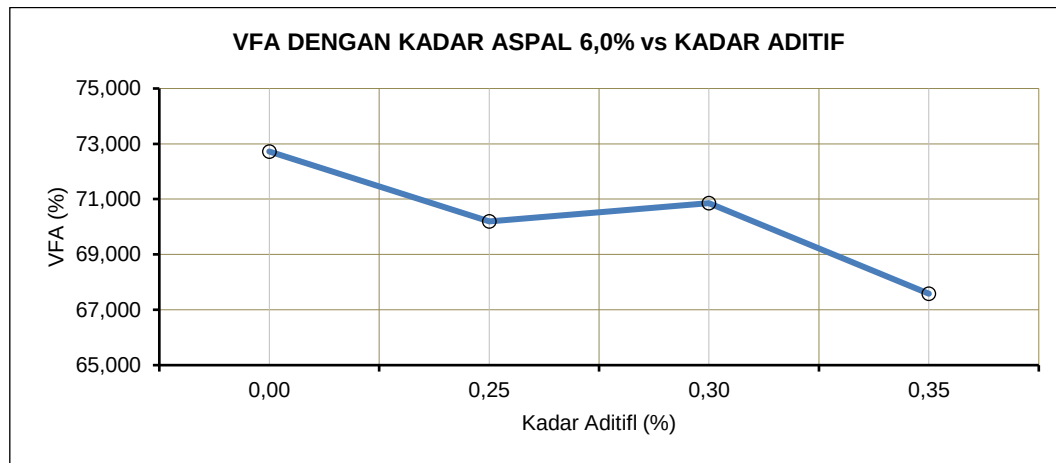
Gambar 4. 5 Grafik Nilai VMA Terhadap Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.14 dapat dilihat nilai VMA tanpa aditif adalah 16,193%. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat VMA naik sebesar 17,399%. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat VMA menjadi turun sebesar 17,371%. Sedangkan pada penambahan aditif sebanyak 0,35% terjadi

kenaikan nilai VMA menjadi 18,215%. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0,35%.

VFA (Void Filled With Asphalt)

VFA adalah rongga dalam benda uji yang terisi aspal yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat menahan beban. Bisa dilihat pada gambar grafik 4.15 dibawah ini.

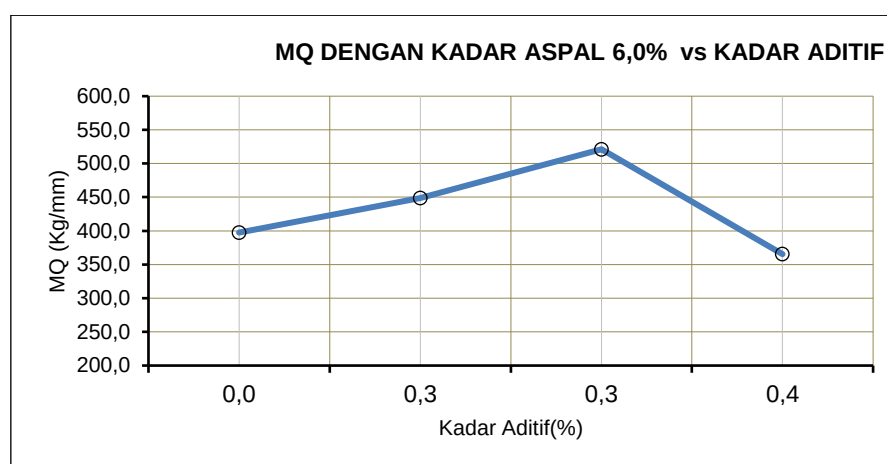


Gambar 4. 6 Grafik Nilai VFA Terhadap Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.15 dapat dilihat nilai VFA tanpa aditif adalah 72,723%. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat VFA turun sebesar 70,194%. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal membuat VFA menjadi turun sebesar 70,854%. Penambahan aditif sebanyak 0,35% dari kadar aspal membuat nilai VFA menjadi 67,582%. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0% atau tanpa menggunakan zat aditif.

Marshall Quantient (MQ)

Marshall Qouantient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow nilai marshall quantient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai mashall quantient berarti campuran semakin kaku, sebaliknya jika nilai dari masrhall quantient kecil nilainya maka semakin lentur campuran. Nilai MQ dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4. 7 Grafik Nilai MQ terhadap Zat Aditif

Dari grafik gambar 4.16 dapat dilihat nilai MQ tanpa aditif adalah 397 kg/mm. Penambahan aditif sebanyak 0,25% dari kadar aspal membuat MQ naik sebesar 448,7 kg/mm. Penambahan aditif sebanyak 0,3% dari kadar aspal

membuat MQ menjadi naik sebesar 521,2 kg/mm. Sedangkan penambahan aditif sebanyak 0,35% dari kadar aspal membuat nilai MQ menjadi 365,4 kg/mm. Dapat disimpulkan penambahan zat aditif akan maksimal pada kadar 0,3%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan karakteristik campuran aspal karet AC – WC dengan penambahan Zat Aditif dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut: 1). Kadar Aspal Optimum pada lapis permukaan AC-WC menggunakan aspal Penetrasi 60/70 didapatkan kadar aspal 6,0%, 2). Pemakaian zat aditif menambah nilai Stabilitas pada kadar 0,3% dari berat aspal, 3). Pemakaian zat aditif mengurangi nilai Kepadatan, 4). Pemakaian zat aditif menambah nilai Flow akan maksimal pada kadar 0,35% dari berat aspal, 5). Pemakaian zat aditif menambah nilai VIM pada kadar 0,35% dari berat aspal, 6). Pemakaian zat aditif nilai VMA maksimal pada kadar 0,35% dari berat aspal, 7). Pemakaian zat aditif menambah nilai VFA pada kadar 0% atau tidak menggunakan zat aditif, 8). Pemakaian zat aditif menambah nilai MQ pada kadar 0,3% dari berat aspal.

Referensi

1. Aminsyah, M. (2014). Studi eksperimental penambahan zat aditif anti stripping pada kinerja campuran aspal beton (AC-WC). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), 642–647.
2. Badan Litbang. (2021). *Laporan perkembangan penelitian aspal karet nasional*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
3. Basuki, R. (2021). Pemanfaatan karet alam sebagai bahan modifikasi aspal untuk peningkatan kualitas perkerasan. *Jurnal Infrastruktur Jalan*, 12(2), 115–124.
4. Bina Marga. (2022). *Direktorat Jenderal Bina Marga: Aspal karet alam padat*.
5. Dewi, A. P. (2021). Analisis karakteristik campuran AC-WC dengan penambahan anti stripping agent pada berbagai kadar. *Jurnal Teknik Sipil Nusantara*, 9(1), 45–56.
6. Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2) untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan* (pp. 1–1036).
7. Hanafiah, M. (2020). Kerusakan dini pada perkerasan lentur dan faktor penyebabnya. *Jurnal Rekayasa Transportasi*, 7(3), 201–210.
8. Hermanto, D. (2020). Pengaruh penggunaan Wetfix BE terhadap peningkatan adhesi aspal-agregat. *Jurnal Transportasi dan Jalan Raya*, 14(1), 33–42.
9. Jaya, B., Anwar, R., & Yasruddin, D. (2013). Pengaruh bahan tambahan anti stripping pada campuran aspal panas Hot Rolled Sheet Wearing Course yang menggunakan agregat lokal. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 2(2), 73–83.
10. Kurniawan, R. (2021). Evaluasi kinerja perekat anti stripping untuk campuran beraspal panas. *Media Teknik Sipil*, 18(4), 289–298.
11. Mulyono, T. (2018). *Perencanaan dan konstruksi jalan modern*. Andi Offset.
12. Prasetyo, W. (2019). Kegagalan struktural perkerasan lentur akibat komposisi campuran yang tidak sesuai. *Jurnal Teknologi Bahan Jalan*, 6(2), 98–107.
13. Pravianto, W. (n.d.). *Alam padat asli Indonesia* (pp. 1–12).
14. PUPR. (2022). *Laporan pelaksanaan program pembelian karet SIR 20*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
15. Putra, B. (2020). Tantangan penggunaan lateks pekat sebagai bahan modifikasi aspal. *Jurnal Polimer Indonesia*, 5(1), 55–64.
16. Rahman, F. (2021). Keunggulan perkerasan lentur sebagai prasarana jalan di wilayah tropis. *Jurnal Infrastruktur Indonesia*, 10(2), 77–86.
17. Rizal, R. S., Susilowati, A., & Susanto, H. (2019). Kajian penggunaan Wetfix BE pada beton aspal campuran panas bergradasi Superpave. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 5(2), 66–74.
18. Saputra, H. (2020). Studi variasi kadar aditif pada campuran AC-WC modifikasi. *Jurnal Material Konstruksi*, 11(3), 150–162.
19. Simanjuntak, R. A., & Radam, I. F. (2021). Pengaruh penambahan bahan aditif anti stripping terhadap kinerja campuran aspal. *Jurnal Rivet*, 1(2), 99–108.
20. Studi, P., Dharma, T. S., Studi, P., Sipil, T., Lambung, U., & Marshall, S. (2021). Pengaruh penambahan limbah plastik terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC. *Jurnal Rivet*, 1(2), 80–90.
21. Sukirman, S. (2007). *Perkerasan lentur jalan raya*. Nova.
22. Sukirman, S. (2018). *Perkerasan lentur jalan raya*. Nova.
23. Sukirman, S. (2019). Peran jalan raya dalam pembangunan ekonomi daerah. *Jurnal Transportasi Indonesia*, 8(1), 1–12.
24. Sunarjono, S. (2017). Pengaruh kualitas adhesi terhadap ketahanan perkerasan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(2), 85–94.
25. Supriadi, T., Syafaruddin, A., & Heri, A. (2018). Perkerasan campuran aspal AC-WC terhadap sifat penuaan aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 2, 1–15.
26. Susilowati, A., & Wiyono, E. (2017). Penggunaan bahan anti stripping untuk campuran beton aspal. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(1), 45–54.
27. Tamin, O. Z. (2020). Transportasi darat sebagai penggerak konektivitas dan ekonomi nasional. *Jurnal Logistik dan Transportasi*, 6(1), 14–27.
28. Wahyudiono, H., Sudjati, S., Winarno, B., & Budi, K. C. (2020). Modifikasi Laston AC-WC menggunakan limbah bongkaran beton. *Jurnal Teknik*, 12(1), 33–40.
29. Widodo, J. (2017). Tinjauan teknis perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada pembangunan jalan. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 4(2), 66–75.
30. Widodo, S., & Sulandari, E. (n.d.). Penggunaan bahan additive anti stripping agent terhadap keawetan campuran Lastaston (HRS-WC). *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 2(2), 1–11.
31. Widyatmoko, I. (2018). Teknologi pravulkanisasi karet alam untuk modifikasi aspal. *Jurnal Teknologi Polimer*, 9(2), 88–97.
32. Yulianto, A. (2019). Metode uji Marshall untuk evaluasi campuran beraspal. *Jurnal Pengujian Material Jalan*, 3(1), 25–34.