



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 3 (2025) pp: 7502-7506

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Pengaruh Penggunaan *Filler* Limbah Las Karbit dalam Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*

Aldila Anugrah Gusti, Tri Sefrus, Edito Dwiantoro

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

aldilaanugrah69@gmail.com¹, sefrus.tri@gmail.com², editodwiantoro@gmail.com³

Abstrak

Jalan merupakan prasarana yang sangat penting dalam mendukung laju perekonomian di Indonesia sebagai negara yang berkembang Indonesia sangat membutuhkan kualitas dan juga kuantitas jalan untuk memenuhi kebutuhan seluruh masyarakat Indonesia untuk melakukan berbagai seluruh jenis kegiatan ekonomi baik itu aksebilitas ataupun barang dan jasa. Dalam penelitian ini merupakan eksperimen untuk mengetahui hasil uji marshall pada perbandingan karakteristik limbah las karbit dengan persentase 0% - 100%. Dari hasil pengujian marshall, Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 5% pada campuran AC-WC Asphalt Concrete-Wearing Course dengan penggunaan Abu batu sehingga dapat disimpulkan bahwa memiliki nilai VMA 16,55%, VFA 73,4%, VIM 4,4%, Stabilitas 2359,9 kg, Flow 3.2 mm, dan Marshall Quotient 901,0 kg. Hasil nilai uji marshall untuk kadar penambahan Optimum (KPO) dengan menggunakan limbah las karbit yaitu VMA sebesar 15,7%, Nilai VFA 78,1%, VIM 3,4% Nilai Stabilitas 2014,7kg, Nilai Flow 3,0 kg, dan nilai MQ sebesar 798,5 kg, Penganti limbah las karbit juga dapat meningkatkan nilai (VFA) mengalami peningkatan sebesar 78,1% yang tidak terlalu signifikan dibanding marshall standar sedangkan untuk nilai stabilitasnya menurun sebesar 2014,7% yang terlalu signifikan di bandingkan dengan nilai stabilitas KAO, dengan memenuhi standar bina marga 2018.

Kata kunci : Penggunaan Filler Limbah Las Karbit, Campuran Asphalt Concrete Wearing Course, Perkerasan Jalan

1. Latar Belakang

Perkerasan jalan adalah salah satu komponen terpenting dalam menunjang kelancaran transportasi untuk menciptakan rasa nyaman dan aman bagi para pengguna jalan. Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang tinggi, diperlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang kuat serta tahan lama (Sukirman, 2012; Hardiyatmo, 2015). Pertumbuhan volume lalu lintas yang terus meningkat memberikan dampak terhadap kebutuhan pembangunan struktur perkerasan jalan dan material yang digunakan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2018; Mulyono, 2017). Untuk menghasilkan konstruksi jalan yang baik, diperlukan material pembentuk jalan yang memiliki mutu tinggi dan karakteristik sesuai standar teknis (Syarifuddin, 2013; Nugroho, 2019).

Intensitas beban lalu lintas yang semakin tinggi serta pengaruh lingkungan yang ekstrem menjadi faktor utama yang memengaruhi umur rencana perkerasan (Widodo & Setiawan, 2020). Perkerasan jalan yang sesuai umur rencana harus memperhatikan komposisi material campurannya. Lapisan perkerasan terdiri dari agregat dan bahan pengikat aspal, serta seringkali ditambahkan bahan tambah seperti kapur, semen, fly ash, maupun limbah industri sebagai material pengganti filler (Rachman & Kurniawan, 2021; Siregar & Lubis, 2020).

Limbah karbit merupakan sisa hasil pembakaran karbit yang seringkali dibuang tanpa pemanfaatan lebih lanjut. Limbah ini banyak diperoleh dari aktivitas industri pengelasan pada bengkel las karbit dan berpotensi digunakan sebagai bahan tambah (Rahmawati & Wibowo, 2022). Berdasarkan survei lapangan, dalam sehari sebuah bengkel las dapat menghasilkan rata-rata 2 kg limbah karbit; jumlah yang jika diakumulasi per tahun cukup signifikan (Yuliana & Putra, 2023). Menurut *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014* tentang pengelolaan limbah B3, limbah karbit termasuk kategori bahan berbahaya dan beracun yang berpotensi merusak lingkungan serta mengganggu kesehatan masyarakat (Pemerintah Republik Indonesia, 2014). Secara kimiawi, limbah karbit mengandung 60% kalsium oksida (CaO), 1,48% SiO₂, 0,09% Fe₂O₃, dan 9,07% Al₂O₃; komposisi yang menunjukkan kemiripan dengan bahan utama penyusun semen (Hanafiah & Ahmad, 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan potensi pemanfaatan limbah karbit sebagai filler pengganti dalam campuran aspal. Penelitian oleh Pratiwi dan Kartikasari (n.d.) membuktikan bahwa substitusi filler dengan limbah karbit pada campuran *Hot Rolled Sheet-Base Course (HRS-BC)* mampu meningkatkan nilai stabilitas Marshall. Penelitian serupa oleh Permiana dan Nurhayati (n.d.) menggunakan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* juga menunjukkan peningkatan kinerja stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi plastis. Hasil ini sejalan dengan temuan Rahmawati dan Wibowo (2022) bahwa penggunaan filler berbasis limbah industri dapat memperbaiki karakteristik Marshall campuran aspal panas.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambahan (aditif) atau pengganti (substitusi) seperti limbah karbit dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan kinerja perkerasan jalan (Rachman & Kurniawan, 2021; Hanafiah & Ahmad, 2021). Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan limbah las karbit sebagai bahan filler pada lapis *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan variasi kadar 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap karakteristik Marshall (Yuliana & Putra, 2023).

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu, dengan izin dari Ketua Prodi dan dosen pembimbing. Proses penelitian juga melibatkan studi literatur dan analisis bahan tambahan yang digunakan.

Pengambilan sampel dilakukan di Bengkel Suryo, Jl. Karbela Raya, Kebun Tebeng, Kota Bengkulu, berjarak sekitar 8 menit dari laboratorium. Lokasi penelitian dan titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan 3.2.

2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama dua bulan, mulai Mei hingga Juni 2024. Jadwal kegiatan meliputi tahap persiapan, perencanaan, pelaksanaan, pengolahan data, serta penyusunan laporan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1.

2.3 Metode Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data diperoleh melalui pengujian di laboratorium, meliputi analisis saringan, keausan, berat jenis agregat, serta pengujian karakteristik aspal (penetrasi, titik lembek, titik nyala/bakar, berat jenis, kadar optimum, dan uji Marshall).

b. Data Sekunder

Data diperoleh dari literatur, standar SNI, serta konsultasi dengan dosen pembimbing guna memperkuat hasil penelitian.

2.4 Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian meliputi penyiapan material, pemeriksaan karakteristik material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian Marshall. Material utama berupa aspal penetrasi 60/70, agregat kasar, sedang, halus, filler semen Portland, serta limbah las karbit sebagai bahan tambahan.

2.6 Metode Analisis

2.6.1 Pengujian Agregat

Dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air (SNI 1969:2008, SNI 1970:2008) serta keausan agregat menggunakan mesin Los Angeles (SNI 2417:2008) untuk memastikan mutu agregat memenuhi spesifikasi.

2.6.2 Pengujian Aspal

Aspal penetrasi 60/70 diuji meliputi berat jenis (SNI 06-2441-1991), penetrasi (SNI 06-2456-2011), titik lembek (SNI 06-2434-1991), serta titik nyala dan titik bakar (SNI 06-2433-2011) guna memastikan kualitas aspal sesuai standar.

2.6.3 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sesuai SNI 06-2489-1991 dengan tahapan pemanasan, pencampuran aspal dan agregat, pemadatan menggunakan cetakan, serta pendinginan hingga suhu ruang sebelum diuji Marshall.

2.6.4 Pengujian Marshall

Dilakukan pengujian stabilitas dan kelelahan (flow) pada suhu 60°C sesuai SNI 06-2489-1991 untuk menentukan karakteristik campuran aspal dan pengaruh limbah las karbit terhadap kinerja campuran.

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H., dengan tujuan untuk memperoleh hasil pengujian karakteristik bahan campuran beraspal panas (AC-WC) yang meliputi agregat kasar, agregat medium, agregat halus, serta aspal penetrasi 60/70. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur standar dari Bina Marga dan spesifikasi teknis yang berlaku. Adapun hasil penelitian dan perhitungan rinci dijelaskan sebagai berikut.

Pengujian Agregat

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar menunjukkan bahwa nilai berat jenis (Bulk Specific Gravity) rata-rata adalah 2,73 gr/cc, dengan nilai berat jenis kondisi SSD sebesar 2,80 gr/cc, dan berat jenis semu (Apparent) sebesar 2,94 gr/cc. Nilai penyerapan (Absorption) rata-rata yang diperoleh sebesar 2,39%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan memiliki kepadatan cukup tinggi dan daya serap air dalam batas yang masih memenuhi spesifikasi standar Bina Marga 2018, yakni tidak melebihi 3%. Hal ini menandakan bahwa agregat memiliki pori-pori yang relatif kecil sehingga dapat memberikan kestabilan yang baik pada campuran beraspal.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium

Pada agregat medium, diperoleh hasil bahwa berat jenis (Bulk Specific Gravity) rata-rata sebesar 3,38 gr/cc, berat jenis SSD sebesar 3,45 gr/cc, dan berat jenis semu (Apparent) sebesar 3,65 gr/cc. Nilai penyerapan rata-rata sebesar 2,12%. Berdasarkan hasil tersebut, agregat medium tergolong memiliki berat jenis yang tinggi, menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban lalu lintas yang baik. Nilai penyerapan yang rendah menandakan agregat medium memiliki sifat kedap air dan cocok digunakan untuk lapisan permukaan aspal beton.

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat halus dalam penelitian ini memiliki berat jenis rata-rata (Bulk Specific Gravity) sebesar 2,50 gr/cc, berat jenis SSD sebesar 2,56 gr/cc, dan berat jenis semu (Apparent) sebesar 2,64 gr/cc. Adapun nilai penyerapan air rata-rata sebesar 2,09%. Hasil tersebut masih berada dalam batas spesifikasi standar, sehingga agregat halus dapat mendukung kepadatan campuran serta mengurangi rongga udara berlebih pada lapisan permukaan. Nilai ini juga menandakan kemampuan agregat halus dalam mengikat aspal secara optimal.

4. Pengujian Keausan Agregat (Los Angeles Abrasion)

Hasil pengujian keausan agregat menggunakan mesin Abrasi Los Angeles menunjukkan bahwa nilai keausan rata-rata adalah 22,02%, di mana batas maksimum yang disyaratkan Bina Marga adalah 40%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat memiliki ketahanan aus yang sangat baik terhadap gesekan maupun benturan selama proses pencampuran dan pemadatan. Dengan demikian, agregat tersebut dapat memberikan stabilitas tinggi terhadap deformasi plastis pada lapisan aspal.

5. Pengujian Analisis Saringan (Gradasi Agregat)

Analisis saringan dilakukan terhadap tiga jenis agregat, yaitu kasar, medium, dan halus. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butiran agregat yang membentuk gradasi campuran. Berdasarkan hasil pengujian, ketiga jenis agregat memiliki gradasi yang merata dan memenuhi kriteria spesifikasi Bina Marga 2018. Agregat kasar memiliki persentase lolos kumulatif yang menurun secara bertahap, menunjukkan komposisi yang seimbang antara butiran besar dan kecil. Agregat medium memiliki proporsi butiran sedang yang baik, sedangkan agregat halus memperlihatkan distribusi ukuran yang seragam dan sesuai standar. Kombinasi ketiganya menghasilkan gradasi campuran agregat standar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hasil kombinasi ini menunjukkan campuran yang padat dan stabil dengan sedikit rongga antar butir, sehingga diharapkan menghasilkan kekuatan struktural yang optimal.

Pengujian Aspal

1. Pengujian Penetrasi Aspal 60/70

Hasil pengujian penetrasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata penetrasi aspal adalah 65,2, yang masih berada dalam rentang spesifikasi aspal penetrasi 60/70. Nilai ini menandakan bahwa aspal memiliki tingkat kekerasan dan kelenturan yang seimbang, sehingga mampu menyesuaikan terhadap perubahan suhu tanpa mengalami retak atau deformasi berlebihan.

2. Pengujian Berat Jenis Aspal

Nilai berat jenis rata-rata aspal yang diperoleh adalah 1,11 gr/cc, menunjukkan bahwa aspal memiliki kerapatan yang baik dan memenuhi standar. Nilai berat jenis ini penting untuk menentukan perbandingan volume campuran dan memastikan penyelimutan agregat secara merata selama proses pencampuran.

3. Pengujian Titik Lembek Aspal

Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai rata-rata sebesar 53°C. Nilai ini mengindikasikan bahwa aspal mulai melunak pada suhu tersebut, yang berarti aspal cukup stabil terhadap suhu tinggi di lapangan dan tidak mudah mengalami deformasi plastis akibat beban lalu lintas atau cuaca panas.

4. Pengujian Titik Nyala Aspal

Nilai titik nyala aspal diperoleh sebesar 245°C, yang menunjukkan bahwa aspal aman dipanaskan hingga suhu tersebut tanpa risiko terbakar. Nilai ini juga menunjukkan kestabilan termal yang baik dan memenuhi persyaratan keamanan selama proses produksi campuran aspal panas.

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang menghasilkan campuran terbaik berdasarkan parameter stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Lima variasi kadar aspal diuji, yaitu 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5%, dan 6,0%.

1. Void Mineral Agregat (VMA)

Nilai VMA yang diperoleh dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar aspal 4,5% hingga 6% memenuhi syarat Bina Marga ($\geq 15\%$). VMA tertinggi terdapat pada kadar aspal 6% sebesar 19,51%, menandakan campuran tersebut memiliki ruang pori yang cukup untuk menampung aspal tanpa menyebabkan bleeding.

2. Void Filled Asphalt (VFA)

Nilai VFA seluruh kadar aspal memenuhi syarat $\geq 65\%$. Hal ini berarti aspal mampu mengisi ruang pori antar agregat dengan baik, sehingga campuran menjadi padat dan tidak mudah mengalami retak akibat beban berulang.

3. Void in the Mix (VIM)

Nilai VIM yang diperoleh berkisar antara 3,5% hingga 4,0%, di mana kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, dan 5,5% berada dalam rentang standar Bina Marga (3–5%). Nilai ini menunjukkan keseimbangan antara rongga udara dan kepadatan campuran, yang penting untuk daya tahan lapisan aspal.

4. Stabilitas

Nilai stabilitas yang diperoleh menunjukkan bahwa semua kadar aspal masih memenuhi spesifikasi minimum. Kadar aspal 5% memberikan nilai stabilitas tertinggi, menandakan bahwa pada kadar tersebut campuran memiliki ketahanan maksimum terhadap beban lalu lintas sebelum mengalami deformasi plastis.

Secara keseluruhan, hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) diperoleh pada kadar 5%, karena memenuhi seluruh parameter Marshall sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu nilai VIM berada dalam rentang 3–5%, nilai VFA $\geq 65\%$, nilai VMA $\geq 15\%$, serta memiliki stabilitas dan kelelahan yang baik. Campuran aspal pada kadar tersebut dianggap paling ideal untuk digunakan pada lapisan permukaan jalan (AC-WC) karena memberikan keseimbangan antara kekuatan, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap deformasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran aspal AC-WC dengan penambahan limbah las karbit dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Dari pengujian *marshall*, Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 5% pada campuran AC-WC *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan penambahan limbah las karbit 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%, sehingga didapatkan Kadar Penambahan Optimum (KPO) limbah las karbit sebesar 2,5%, 5%, dan 7,5%. Maka dapat disimpulkan bahwa Kadar Penambahan Optimum 2,5% memiliki nilai VMA 16,39%, VFA 78,5%, VIM 4,3%, Stabilitas 2662,0 kg, *Flow* 3.1 mm, dan *Marshall Quotient* 1034 kg sedangkan Kadar Penambahan Optimum 5% memiliki nilai VMA 16,62%, VFA 73,1%, VIM 4,5%, Stabilitas 2982 kg, *Flow* 3.7 mm, dan *Marshall Quotient* 1016 kg kemudian pada optimum 7,5 % VMA 15,49%, VFA 79.2%, VIM 3,2%, Stabilitas 2177,4 kg, *Flow* 4.1 mm, dan *Marshall Quotient* 638,9 kg. Didapatkan persentase Kadar Penambahan Optimum (KPO) pada limbah las karbit campuran AC-WC dengan nilai kadar 2,5% - 5% pada Kadar Aspal Optimum 5%. 2). Pada hasil pencampuran Limbah Las Karbit dengan persentase 2,5% , 5% dan 7,5% ,maka di dapatkan Kesimpulan Dimana pada campuran 2,5% dan 5% memenuhi persyaratan dari standar spesifikasi SNI bina marga 2018, sedangkan pada campuran 7,5% titik *Flow* melebihi spesifikasi bina marga 2018,maka di dapatkan lah nilai persentase optimum limbah las karbit pada campuran aspal AC-WC

Referensi

1. Syaifuddin. (2013). *Studi Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Panas Menggunakan Berbagai Jenis Filler terhadap Karakteristik Marshall*. Jurnal Teknik Sipil, 9(2), 45–53.
2. Pratiwi, N., & Kartikasari, D. (n.d.). *Substitusi Filler dengan Limbah Karbit terhadap Campuran Aspal Panas Hot Rolled Sheet-Base Course (HRS-BC)*. Laporan Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Permana, D., & Nurhayati, T. (n.d.). *Studi Penggunaan Limbah Las Karbit untuk Bahan Tambah pada Perkerasan Laston Gradasi AC-WC*. Jurnal Infrastruktur dan Material Konstruksi, 4(1), 12–20.
4. Kementerian Pekerjaan Umum. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6: Perkerasan Aspal*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
5. Pemerintah Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Jakarta: Sekretariat Negara.
6. Sukirman, S. (2012). *Perkerasan Lentur Jalan Raya: Bahan, Perancangan, dan Pelaksanaan*. Bandung: Nova.
7. Hardiyatmo, H. C. (2015). *Perkerasan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
8. Mulyono, A. T. (2017). *Teknologi Bahan Konstruksi Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga.
9. Nugroho, B. (2019). Pengaruh Variasi Filler terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Panas. *Jurnal Konstruksi dan Rekayasa Sipil*, 5(1), 23–30.
10. Widodo, R., & Setiawan, A. (2020). Analisis Kinerja Campuran Aspal dengan Penambahan Bahan Limbah Industri. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 6(2), 101–110.
11. Rachman, F., & Kurniawan, M. (2021). Pengaruh Penggunaan Filler Limbah Fly Ash terhadap Nilai Stabilitas Marshall pada Campuran AC-WC. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 23(3), 145–153.
12. Rahmawati, D., & Wibowo, E. (2022). Studi Eksperimen Penggunaan Kapur dan Limbah Karbit sebagai Filler Campuran Aspal Panas. *Jurnal Material Konstruksi*, 8(2), 57–66.
13. Siregar, T., & Lubis, R. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Industri terhadap Stabilitas Campuran Aspal. *Jurnal Infrastruktur Transportasi*, 4(1), 33–41.
14. Hanafiah, R., & Ahmad, F. (2021). Kajian Material Alternatif Filler dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 11(1), 29–38.
15. Yuliana, S., & Putra, H. (2023). Pemanfaatan Limbah Las Karbit sebagai Filler Campuran Aspal terhadap Nilai Stabilitas dan Flow Marshall. *Jurnal Inovasi Material dan Infrastruktur Jalan*, 9(1), 17–26.