

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUBSTITUSI SERBUK LIMBAH BAN KARET PADA ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* CAMPURAN AC-WC

IKHSAN NANDA PRATAMA¹, BARKAH WAHYU WIDIANTO²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email: ikhsan221216@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia berdampak pada bertambahnya volume limbah ban bekas yang sulit terurai secara alami. Salah satu solusi pemanfaatan limbah ini adalah penggunaan serbuk ban karet (crumb rubber) sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi serbuk limbah ban karet pada aspal terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Variasi kadar crumb rubber yang digunakan adalah 0%, 3%, dan 6% terhadap berat aspal Pen 60/70. Pengujian meliputi uji karakteristik agregat dan aspal sesuai SNI, uji Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Hasil menunjukkan KAO untuk kadar rubber 0% sebesar 6,375% dan kadar rubber 3% sebesar 6,5%.

Kata kunci: serbuk limbah ban karet, AC-WC, Marshall

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung pembangunan Indonesia sebagai negara berkembang, di mana jalan raya berperan besar dalam menunjang mobilitas. Kualitas perkerasan jalan harus memenuhi standar yang mampu menahan kondisi iklim tropis dengan suhu tinggi dan curah hujan besar (Weimintoro dkk., 2022). Oleh karena itu, mutu material pada lapisan perkerasan jalan perlu diperhatikan agar pelayanan lalu lintas tetap optimal. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia berdampak pada meningkatnya produksi limbah ban bekas. Limbah ini sulit terurai secara alami karena tersusun dari karet alam, karet sintetis, serta bahan pengisi seperti karbon hitam. Salah satu upaya pemanfaatannya adalah dengan mengolah ban bekas menjadi serbuk karet daur ulang (*crumb rubber*) yang berpotensi meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan campuran aspal (Hijriah dkk., 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh substitusi *crumb rubber* terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC dengan variasi kadar 0%, 3%, dan 6% dari berat aspal. Hasil penelitian diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja perkerasan, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi permasalahan lingkungan akibat limbah ban bekas.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimen melalui pengujian laboratorium. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Aspal merupakan material perekat (cementitious) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh secara alami maupun sebagai hasil residu dari proses pengilangan minyak bumi (Sukirman, 2016). Pemilihan aspal Pen 60/70 didasarkan pada ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 2, sehingga dapat dipastikan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC).

Tahapan awal mencakup studi pustaka, perencanaan desain penelitian, serta persiapan bahan dan peralatan uji. Karakteristik agregat diuji melalui berat jenis, kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan, dan penyerapan air. Aspal diuji dengan uji penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, kehilangan berat, kelarutan, daktilitas, serta berat jenis. Seluruh prosedur pengujian mengacu pada standar SNI yang berlaku.

Campuran aspal selanjutnya diuji menggunakan metode Marshall untuk memperoleh parameter stabilitas, VIM, VMA, VFA, *flow*, dan *Marshall quotient*. Benda uji disiapkan sesuai variasi campuran yang direncanakan dengan prosedur dan peralatan standar untuk memastikan validitas hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan eksperimen berikut merupakan data hasil pengujian aspal pen 60/70 yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal Laston

Jenis Pengujian	Persyaratan		Standar Pengujian	Hasil		
	Min	Max		Aspal Pen 60/70	Satuan	≥keterangan
Penetrasi pada 25°C	60	70	SNI 06-2456-1991	65,3	0,1 mm	Memenuhi
Viskositas 135°C	300	-	AASHTO T201-03	440	Cst	Memenuhi
Titik Lembek	48	53	SNI 06-2434-1991	50,5	°C	Memenuhi
Daktilitas	≥ 100	≥ 100	SNI 06-2432-1991	≥100	cm	Memenuhi
Kelarutan dalam Trichloroethylene	≥ 99	≥ 99	AASHTO T44-03	99,1	%	Memenuhi
Berat Jenis	≥ 1	≥ 1	SNI 06-2441-1991	1,026	-	Memenuhi
Titik Nyala	≥ 232	≥ 232	SNI 06-2433-1991	320	°C	Memenuhi
Berat yang Hilang	≤ 0,8	≤ 0,8	SNI 06-2441-1991	0,209	%	Memenuhi
Indeks Penetrasi	≥ -1,0	-	-	-0,447	-	Memenuhi

Hasil rekapitulasi pengujian aspal Pen 60/70 sesuai acuan teknis spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2 bahwa seluruh hasil pengujian yang dilakukan memenuhi spesifikasi yang di syaratkan. Hasil aspal modifikasi *rubber* ada beberapa pengujian yang tidak memenuhi spesifikasi aspal modifikasi elastomer sintetis yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

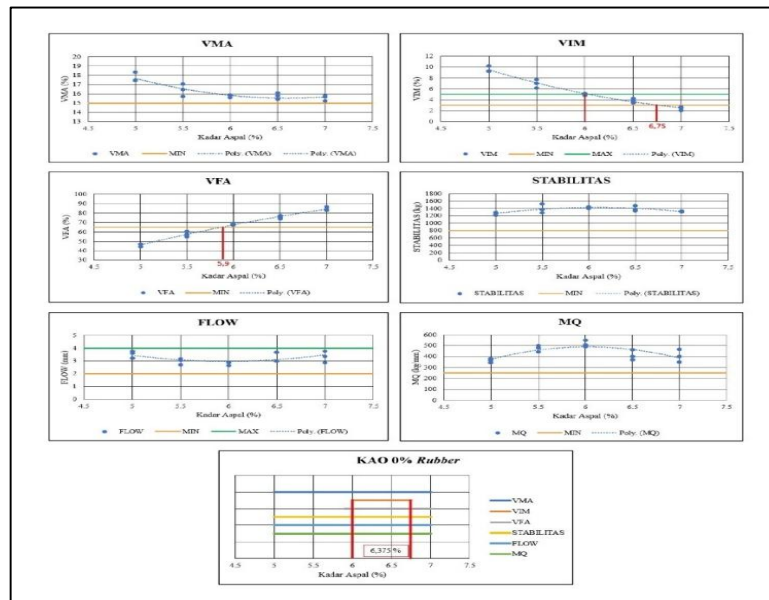
Jenis Pengujian	Persyaratan		Standar Pengujian	Aspal 3% Karet		Aspal 6% Karet		Satuan
	Min	Max		Hasil	Keterangan	Hasil	Keterangan	
Penetrasi pada 25°C	40	-	SNI 06-2456-1991	52,45	Memenuhi	48,65	Memenuhi	0,1 mm
Viskositas 135°C	-	3000	AASHTO T201-03	540	Memenuhi	870	Memenuhi	Cst
Titik Lembek	54	-	SNI 06-2434-1991	56,5	Memenuhi	58	Memenuhi	°C
Daktilitas	≥100	≥100	SNI 06-2432-1991	101,5	Memenuhi	54,8	Tidak Memenuhi	cm
Kelarutan dalam Trichloroethylene	≥99	≥99	AASHTO T44-03	90,6	Tidak Memenuhi	85,75	Tidak Memenuhi	%
Berat Jenis	≥1	≥1	SNI 06-2441-1991	1,04	Memenuhi	1,061	Memenuhi	-
Titik Nyala	≥232	≥232	SNI 06-2433-1991	258	Memenuhi	269	Memenuhi	°C
Berat yang Hilang	≤0,8	≤0,8	SNI 06-2441-1991	0,01	Memenuhi	0,004	Memenuhi	%
Indeks Penetrasi	≥0,4	-	-	0,423	Memenuhi	0,554	Memenuhi	-

Hasil pengujian pada **Tabel 2.** menunjukkan bahwa penambahan *rubber* sebesar 3% dan 6% memberikan pengaruh berbeda terhadap sifat aspal. Pada kadar 3%, sebagian besar parameter masih memenuhi spesifikasi, meskipun terdapat satu parameter yang tidak sesuai yaitu kelarutan. Namun demikian, sifat-sifat utama seperti penetrasi, titik lembek, dan viskositas tetap berada dalam rentang standar, sehingga aspal dengan kadar *rubber* 3% masih dapat digunakan sebagai bahan campuran. Sebaliknya, pada kadar *rubber* 6% terlihat penurunan sifat kelarutan dan daktilitas yang cukup signifikan sehingga tidak memenuhi syarat spesifikasi aspal modifikasi elastomer sintetis. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan karet dalam jumlah terlalu tinggi dapat menurunkan fleksibilitas serta homogenitas campuran aspal. Oleh karena itu, kadar *rubber* 3% dipilih sebagai bahan campuran untuk tahap selanjutnya dalam penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO), karena lebih mendekati standar yang ditetapkan dan berpotensi memberikan performa terbaik pada campuran AC-WC.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan berdasarkan parameter *Marshall* dan parameter volumetrik sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2024. Proses ini diawali dengan menyiapkan benda uji sesuai variasi kadar aspal pada campuran AC-WC dengan kadar *rubber* 0% dan 3%. Setiap benda uji kemudian diuji untuk memperoleh nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, serta *Marshall Quotient*. Dari hasil pengujian tersebut dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dengan masing-masing parameter.

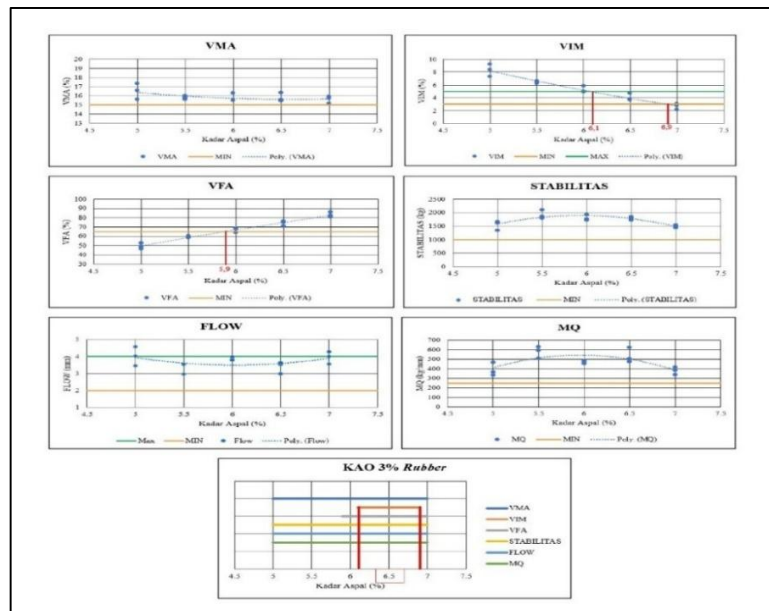
KAO ditentukan pada titik di mana seluruh parameter masih memenuhi batas spesifikasi dan saling berpotongan pada rentang yang sama. Pada penelitian ini, campuran aspal tanpa *rubber* (0%) menghasilkan KAO sebesar 6,375%, sedangkan pada campuran dengan 3% *rubber* menghasilkan KAO sebesar 6,5%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan karet meningkatkan kebutuhan aspal untuk mencapai performa optimal. Dengan demikian, proses penentuan KAO menjadi tahap penting untuk memastikan campuran aspal tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga memiliki keseimbangan antara stabilitas, fleksibilitas, dan daya tahan.

Proses penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan berdasarkan parameter *Marshall* dan volumetrik sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2024. Hasil grafik penentuan kadar aspal optimum pada campuran AC-WC dapat dilihat pada **Gambar 1.** dan **Gambar 2.**



Gambar 1. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Kadar *Rubber* 0%

Kadar aspal optimum seperti pada **Gambar 1.** yang memenuhi spesifikasi Laston (AC-WC) didapat pada rentang 6% sampai 6,75% sehingga kadar aspal Optimumnya didapat 6,375%.



Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Kadar *Rubber* 3%

Kadar aspal optimum seperti pada **Gambar 2.** yang memenuhi spesifikasi Laston Modifikasi (AC-WC) didapat pada rentang 6,1% sampai 6,9% sehingga kadar aspal Optimumnya didapat 6,5%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis dan data pengujian pada Laboratorium Material Perkerasan Jalan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan kadar *rubber* pada aspal Pen 60/70 dengan variasi kadar *rubber* 0%, 3%, dan 6% terhadap berat total aspal, terbukti mempengaruhi karakteristik fisik aspal. Semakin tinggi kadar *rubber* yang ditambahkan, aspal menjadi lebih kental, lebih keras, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, meskipun pada kadar *rubber* 6% sifat kelarutan dan fleksibilitasnya menurun.
2. Karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2024 menunjukkan adanya perbedaan seiring bertambahnya kadar *rubber*. Penambahan *rubber* sebesar 3% mampu meningkatkan nilai stabilitas dan *flow*, sementara parameter volumetrik *Marshall* seperti VMA, VIM, VFA dan *Marshall Quotient* tetap berada dalam batas spesifikasi. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran dengan *rubber* 0% adalah 6,375%, sedangkan pada campuran dengan penambahan *rubber* 3% meningkat menjadi 6,5%, menunjukkan bahwa kebutuhan aspal sedikit lebih tinggi untuk mencapai performa optimal saat *rubber* ditambahkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Bandung atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan.

DAFTAR RUJUKAN

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi umum divisi 6* (Revisi 2). Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024). *Spesifikasi umum divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hijriah, H. A. F., Umari, Z. F., & Panjaitan, R. (2021). Analisis kadar optimum serbuk karet ban dalam bekas pada campuran aspal. *Tapak*, 11(1), 29–35.
- Sukirman, S. (2016). *Beton aspal campuran panas*. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Weimintoro, et al. (2022). Pengaruh penambahan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian kadar aspal terhadap stabilitas AC-BC dengan metode Marshall Test. *Rekayasa Jurnal Teknik Sipil Universitas Madura*, 7(1), 25–30.