

Pengaruh Penggunaan Minyak Goreng Bekas pada Campuran Asphalt AC-BC

Khaerun Nizam*, Anwar Efendy, Aulia Muttaqin, Isfanari, Adiman Fariyadin

Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram-83115, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Minyak goreng bekas; AC-BC; Marshall; Stabilitas; Perkerasan jalan

*Correspondence email:

Khaerunnizam39@gmail.co.id

Submitted: 21 Mei 2026

Revised: 16 Juni 2026

Accepted: 26 Juli 2026

Published: 01 Agustus 2026

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan minyak goreng bekas sebagai substitusi sebagian aspal terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. Metode yang diterapkan berupa eksperimen laboratorium dengan pengujian *Marshall* mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Variasi kadar minyak goreng bekas yang digunakan meliputi 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, dan 3,5% dengan kadar aspal optimum sebesar 5,3%. Parameter yang dianalisis mencakup *Void in Mix (VIM)*, *Void in Mineral Aggregate (VMA)*, *Void Filled with Bitumen (VFB)*, stabilitas, dan *flow*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi minyak goreng bekas 1,5%–3% memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018, sedangkan variasi 3,5% tidak memenuhi parameter *flow* karena menghasilkan nilai 4,20 mm, melebihi batas spesifikasi 2–4 mm. Nilai VIM berada pada kisaran 3,51%–3,76%, nilai VMA berkisar antara 14,26%–14,48%, sedangkan nilai VFB berada pada rentang 74,19%–75,38%. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar minyak goreng bekas 1,5% sebesar 1412 kg. Sementara itu, nilai *flow* mengalami kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kadar minyak goreng bekas, yang mengindikasikan bahwa campuran menjadi lebih fleksibel akibat berkurangnya kekakuan aspal. Berdasarkan hasil pengujian, kadar minyak goreng bekas yang paling layak digunakan berada pada rentang 1,5%–3%, karena pada rentang tersebut seluruh parameter *Marshall* masih memenuhi spesifikasi. Kadar 3,5% tidak direkomendasikan karena nilai *flow* sebesar 4,20 mm telah melebihi batas maksimum spesifikasi. Selain itu, penggunaan minyak goreng bekas juga memiliki potensi sebagai alternatif material yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan dalam konstruksi perkerasan jalan.

ABSTRACT

Keywords:

waste cooking oil; AC-BC; Marshall; stability; pavement.

This study was conducted to investigate the effect of using waste cooking oil as a partial substitute for asphalt on the Marshall characteristics of Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) mixtures. The research employed an experimental laboratory method using the Marshall test in accordance with the 2018 General Specifications of Bina Marga. The variations of waste cooking oil used were 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, and 3.5% by weight of asphalt, with an optimum asphalt content of 5.3%. The parameters analyzed included Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Voids Filled with Bitumen (VFB), stability, and flow. The results showed that waste cooking oil contents ranging from 1.5% to 3.0% satisfied the requirements of the 2018 Bina Marga Specifications, while the 3.5% variation failed to meet the flow requirement, producing a value of 4.20 mm, which exceeded the specified limit of 2–4 mm. The VIM values ranged from 3.51% to 3.76%, the VMA values ranged from 14.26% to 14.48%, and the VFB values ranged from 74.19% to 75.38%. The highest stability value was obtained at a waste cooking oil content of 1.5%, reaching 1412 kg. Meanwhile, the flow values tended to increase with increasing waste cooking oil content, indicating that the mixture became more flexible due to the reduction in asphalt stiffness. Based on the test results, the most suitable waste cooking oil content was found to be within the range of 1.5%–3.0%, as all Marshall parameters remained within the specified limits. The 3.5% variation is not recommended because its flow value of 4.20 mm exceeded the maximum allowable specification. Furthermore, the utilization of waste cooking oil has the potential to serve as a cost-effective and environmentally friendly alternative material in road pavement construction.

PENDAHULUAN

Kondisi perkerasan jalan yang mengalami kerusakan dapat menurunkan tingkat pelayanan jalan, menghambat mobilitas masyarakat, serta meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas (Wibisono et al., 2023). Selain itu, kerusakan jalan juga menyebabkan meningkatnya biaya yang harus dikeluarkan pemerintah untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan. Peningkatan volume lalu lintas dari tahun ke tahun turut memengaruhi kebutuhan pembangunan

struktur perkerasan jalan serta penggunaan material konstruksi yang semakin besar. Kondisi jalan sangat berpengaruh terhadap berbagai aktivitas yang membutuhkan akses transportasi, karena jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi badan jalan beserta bangunan pelengkap dan fasilitas pendukungnya yang digunakan untuk lalu lintas (Efendy et al., 2024). Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* merupakan campuran beraspal panas yang tersusun dari agregat kasar, agregat halus, material pengisi (filler), dan aspal sebagai bahan pengikat yang diproses melalui pencampuran pada temperatur yang sesuai untuk menghasilkan lapisan perkerasan dengan kinerja struktural yang baik (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Aspal merupakan bahan pengikat yang bersifat termoplastis, di mana pada suhu ruang berada dalam kondisi padat. Ketika dipanaskan hingga mencapai temperatur tertentu, aspal akan mengalami perubahan menjadi cair, kemudian kembali mengeras saat suhu menurun. Dalam konstruksi perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yang bekerja bersama agregat untuk membentuk campuran beraspal (Prabawa, 2021). *Binder course* adalah beton aspal untuk lapis pengikat atau lapis antara pada perkerasan jalan yang berada di bawah lapisan *aus* atau disebut *wearing course* (Rani et al., 2025). Meski tidak langsung terpengaruh cuaca, namun harus memiliki kemampuan yang cukup dalam menahan beban lalu lintas yang ditransmisikan oleh roda kendaraan sehingga kinerja perkerasan tetap terjaga (Sukirman, 2016).

Menurunnya ketersediaan sumber daya berbasis minyak bumi dan meningkatnya kebutuhan material perkerasan mendorong pencarian bahan substitusi yang lebih ekonomis serta berorientasi pada keberlanjutan (Nyoman et al., 2022). Sementara itu, peningkatan volume limbah industri yang belum termanfaatkan secara optimal berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Nursabrina et al., 2021). Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai penelitian telah mengembangkan pemanfaatan limbah sebagai material alternatif yang dapat diaplikasikan sebagai substitusi sebagian agregat maupun aspal pada campuran perkerasan jalan (Silaen et al., 2026). Pemanfaatan material daur ulang dapat menjadi alternatif dalam pembangunan lapisan perkerasan jalan karena berkontribusi dalam mengurangi akumulasi limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia. Selain memberikan solusi teknis terhadap keterbatasan material, penggunaan limbah juga mendukung konsep pembangunan berkelanjutan melalui pengurangan volume limbah dan pencemaran lingkungan (Purnomo, 2024).

Salah satu jenis limbah yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian aspal adalah minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas (MGB) terbentuk akibat terjadinya reaksi polimerisasi dan reaksi Maillard selama proses pemakaian berulang, sehingga menyebabkan minyak menjadi lebih kental dan berwarna lebih gelap. Kondisi tersebut memiliki kemiripan dengan komposisi penyusun aspal yang terdiri atas resin, oil, dan asphaltenes (Sukirman, 2007). Dengan karakteristik tersebut, minyak goreng bekas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian aspal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan minyak goreng bekas pada campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas, *density*, *Marshall Quotient* (MQ), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA) yang cenderung menurun, sedangkan nilai VMA dan VIM mengalami peningkatan dibandingkan campuran tanpa minyak goreng bekas. Pada kadar optimum sebesar 2–3%, penggunaan minyak goreng bekas masih mampu menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi serta nilai *flow* yang sesuai Spesifikasi Bina Marga (Wanggi, 2020).

Pemanfaatan minyak goreng bekas sebagai pengganti sebagian bahan pengikat aspal pada campuran AC-BC diharapkan mampu memberikan peningkatan terhadap karakteristik *Marshall* campuran secara sinergis. Namun, berdasarkan penelitian sebelumnya, minyak goreng bekas lebih banyak digunakan sebagai bahan peremaja (*rejuvenator*) aspal, terutama pada campuran yang mengandung RAP, sehingga penelitian mengenai penggunaannya sebagai substitusi sebagian aspal pada campuran AC-BC masih relatif terbatas (Sepriyanna et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanfaatan minyak goreng bekas sebagai pengganti sebagian aspal terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, sekaligus upaya mendukung pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan minyak goreng bekas pada campuran aspal AC-BC. Secara khusus, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal AC-BC yang menggunakan minyak goreng bekas sebagai pengganti sebagian aspal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* campuran AC-BC dengan variasi minyak goreng bekas 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, dan 3,5% sebagai substitusi sebagian aspal. Penelitian ini juga memiliki manfaat: Memberikan alternatif bahan pengganti sebagian aspal yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh untuk campuran AC-BC, dan mendukung pemanfaatan limbah B3 sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi kadar minyak goreng bekas sebagai pengganti sebagian aspal terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC)*. Metode pengujian yang diterapkan adalah uji *Marshall* sesuai dengan ketentuan SNI yang berlaku. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi PUPR Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material Penelitian

Material yang digunakan meliputi:

- Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah berukuran 3/4 inci dan 3/8 inci yang diperoleh dari PT. Sinar Bali Binakarya Mujur, Kabupaten Lombok Tengah.
- Agregat halus yang digunakan berupa abu batu yang berasal dari sumber yang sama, yaitu PT. Sinar Bali Binakarya Mujur, Kabupaten Lombok Tengah.
- bahan pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Sinar Bali Binakarya Mujur, Kabupaten Lombok Tengah.
- Minyak goreng bekas yang digunakan didapat dari rumah makan (penjual : ayam / seafood)

2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah alat uji *Marshall* dan alat pendukung lainnya yang tersedia di Laboratorium balai pengujian material konstruksi PUPR Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat.

3. Tahapan Penelitian

Adapun uraian dari tahapan penelitian yang dilaksanakan terdiri dari 4 tahapan sebagai berikut:

- Tahapan persiapan, tahap ini adalah fase awal untuk menentukan arah penelitian, di mana semua alat dan bahan yang dibutuhkan harus dipersiapkan dengan seksama
- Tahap pembuatan benda uji, meliputi desain campuran dilakukan sebelum produksi benda uji. Komposisi agregat campuran menggunakan kadar aspal yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pemanasan aspal sehingga mencapai suhu 150°C dan dilakukan pemadatan benda uji pada suhu 140°C.
- Tahap perendaman benda uji, tahap ini benda uji yang telah dipadatkan, dibiarkan selama 24 jam terlebih dahulu, kemudian benda uji tersebut direndam sampai terendam keseluruhannya di dalam waterbath pada suhu 60°C ± 1°C, dengan durasi perendaman 30 menit. Setelah direndam dalam waterbath pada suhu 60°C ± 1°C, benda uji baru dilakukan pengujian *Marshall*.
- Tahap pengujian benda uji, pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji propertis *Marshall*, yang bertujuan untuk menganalisis respons campuran aspal terhadap kelelahan (*flow*) dan kestabilan (*stability*). Semakin tinggi nilai stabilitas, maka nilai kelelahan (*flow*) akan cenderung menurun, sehingga bisa disimpulkan bahwa aspal memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam menentukan campuran aspal diawali dengan menentukan kadar aspal tengah (Pb) sebagai titik acuan utama. Berdasarkan hasil perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan dari Laboratorium balai pengujian material konstruksi PUPR Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat sebesar 5,3% maka kadar aspal optimum tersebut yang digunakan dalam penelitian ini.

Data jumlah sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jumlah sampel benda uji untuk *Marshall* Test Dengan kadar aspal 5,3%

Variasi	Minyak Goreng Bekas	Jumlah Benda Uji
1	1,5%	3
2	2%	3
3	2,5%	3
4	3%	3
5	3,5%	3
Jumlah Benda Uji		15

Sumber: Hasil Perhitungan (2025)

Data kebutuhan agregat yang digunakan dalam campuran AC-BC disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan agregat pada campuran AC-BC

Ayakan	Diameter (mm)	%lolos
1	25 mm	100
3/4	19 mm	90-100
1/2	12,5 mm	75-90
3/8	9,5 mm	66-82
No. 4	4,75 mm	46-64
No. 8	2,36 mm	30-49
No. 16	1,18 mm	18-38
No. 30	0,6 mm	12-28
No. 50	0,3 mm	7-20
No. 100	0,15 mm	5-13
No. 200	0,075 mm	4-8

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Tabel 3 menunjukkan persyaratan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan untuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	Maks. 12%
	Magnesium Sulfat	Maks. 18%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Tabel 4 menunjukkan persyaratan agregat halus yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Mudah Pecah dalam Agregat		
Agregat Lolos Ayakan No. 200	ASTM C117 : 2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

Ketentuan filler yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ketentuan Filler

Pengujian	Standar	Nilai
Material Lolos Saringan No. 200	SNI 03-6723-2002	Min 75%
Berat Jenis	SNI 03-4145-1991	2,5-3

Sumber: Spesifikasi Bina Marga (2018 Divisi 6)

Persyaratan campuran aspal beton untuk lapisan *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan campuran Aspal Beton untuk Perkerasan AC-BC

Jenis	(AC-BC)
<i>Void mix in asphalt</i>	3-5 %
<i>Void In Mineral Aggregate</i>	Min. 14
<i>Voids Filled With Asphalt</i>	Min. 65
<i>Stability</i>	Min. 1000
<i>Flow</i>	2-4 mm
<i>Marshall Quotient</i>	Min. 250

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018 Divisi 6)

HASIL

Hasil merupakan hasil dari pengujian di Laboratorium Balai Penguji Material Konstruksi PUPR, Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *Marshall*, dari pengujian diperoleh nilai karakteristik *Marshall* dan dianalisa dalam bentuk Tabel 7 serta Gambar 1-5

Hasil Perhitungan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum merupakan jumlah aspal yang digunakan dalam kombinasi supaya bisa menggapai persyaratan Stabilitas, *Flow*, VMA, VIM, serta *density*. Hasil pengujian *Marshall* terhadap kombinasi aspal panas ialah nilai kepadatan (*density*), stabilitas (*stability*), VMA(*voids in mineral aggregate*), VFB(*voids filled with Bitumen*), VIM(*voids in the mix*) serta kelelahan(*flow*) pada barang uji tiap- tiap. Kadar Aspal Optimum diperoleh dengan menyeimbangkan kebutuhan aspal untuk melapisi agregat, mengisi rongga udara dalam campuran dan memberikan sifat-sifat yang diinginkan pada campuran beraspal. Tujuan menentukan KAO adalah untuk menghasilkan campuran beraspal yang kuat, awet, dan stabil terhadap lalu lintas (Lalu, 2026). Kadar Aspal optimum yang digunakan pada penelitian sebesar 5,3% dengan data yang didapatkan dari Laboratorium Balai Penguji Material Konstruksi PUPR, Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat.

Hasil Perhitungan Nilai Karakteristik *Marshall*

Perhitungan karakteristik *Marshall* menghasilkan nilai-nilai untuk stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA. Rata-rata nilai KAO yang didapat dari hasil perhitungan penelitian terdahulu seperti "(Wanggi, 2020) menyatakan nilai Kadar Aspal Optimum yaitu 6,5% yang diperoleh dari pengaruh penggunaan minyak goreng bekas pada campuran aspal AC-BC, penambahan MGB 0%; Aspal Optimum sebesar 5,75% untuk penambahan MGB 2%; Aspal optimum sebesar 6,25% untuk penambahan MGB 3%; Aspal optimum sebesar 6,5% untuk penambahan MGB 4%; Aspal optimum sebesar 6,25% untuk penambahan MGB 5%. Hasil penelitan dari Laboratorium Balai Penguji Material Konstruksi PUPR, Kab. Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat mendapatkan nilai KAO yaitu 5,3%. Data hasil pengujian tersebut digunakan peneliti sebagai Kadar Aspal Optimum untuk penelitian ini sebesar 5,3%.

Hasil pengujian terhadap total 15 benda uji, yang terdiri atas tiga benda uji untuk setiap variasi minyak goreng bekas, disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Marshall aspal AC-BC

Karakteristik Campuran	Spesifikasi Umum	Variasi				
		1,5%	2%	2,5%	3%	3,5%
VIM	3-5	3,73	3,64	3,76	3,69	3,51
VMA	Min. 14%	14,45	14,37	14,48	14,41	14,26
VFB	Min. 65	74,19	74,66	74,04	74,41	75,38
Stabilitas	Min. 1000	1412	1329	1230	1199	1169
Flow	2-4	3,23	3,47	3,50	3,57	4,20
Berat Jenis		2,320	2,322	2,320	2,321	2,326

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Karakteristik campuran tidak hanya disajikan dalam tabel, tetapi juga grafik yang menunjukkan pengaruh minyak goreng bekas dengan setiap parameter *Marshall*. Pengujian *Marshall* memberikan analisis nilai empiris, yang mencakup penilaian stabilitas, kelelahan, atau *flow* yang dilakukan secara langsung dengan alat uji *Marshall*. Selain itu, analisis ini mencakup pengukuran parameter volumetric seperti VIM, VMA, dan VFB. Nilai dampak variasi persentase minyak goreng bekas terhadap semua parameter uji *Marshall* dalam campuran AC-BC. Berikut adalah uraian tentang nilai empiris dan karakteristik volumetric dari campuran berdasarkan pengujian.

Rongga dalam campuran (Void in mix/ VIM)

VIM (Void in Mix) menggambarkan proporsi ruang kosong berupa udara yang masih terdapat di dalam campuran beraspal setelah proses pemadatan selesai dilakukan. Berikut contoh perhitungan nilai VIM pada kadar aspal campuran AC-BC.

Diketahui :

Nilai VIM 1,5% Minyak goreng bekas

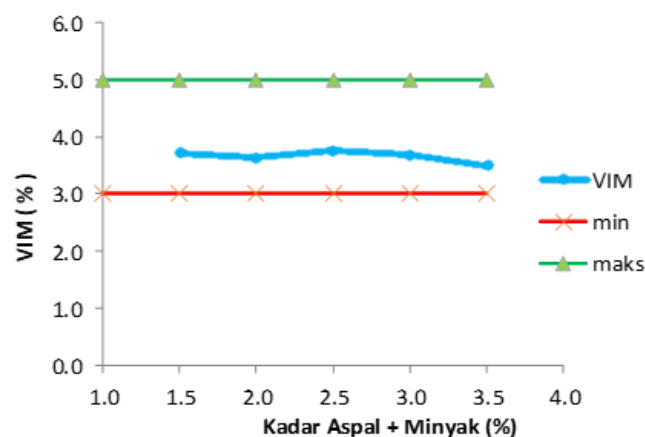
Bj Benda Uji = 2,320 gr/cm³

Bj Campuran max = 2,410 gr/cm³

Penyelesaian :

a. Pada kadar aspal 5,3%

$$\text{VIM} = 100 - \left(\frac{100 \times 2,320}{2,410} \right) = 3,73\%$$



Gambar 1. Grafik nilai VIM

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 1, nilai VIM pada setiap campuran variasi minyak goreng bekas memiliki nilai yang berbeda-beda. Di mana pada campuran 1,5% minyak goreng bekas memiliki nilai VIM 3,73%, pada campuran 2% memiliki nilai VIM 3,64%, pada campuran 2,5% memiliki nilai VIM 3,76%, campuran 3% memiliki nilai VIM 3,69% dan pada campuran 3,5% memiliki nilai VIM 3,51%. Grafik tersebut menunjukkan bahwa campuran minyak goreng bekas memenuhi standar Bina Marga 2018 dengan nilai VIM berkisar 3-5%. Nilai VIM yang terlalu rendah dapat meningkatkan risiko bleeding dan deformasi plastis, sedangkan nilai VIM yang terlalu tinggi dapat meningkatkan permeabilitas campuran serta mempercepat masuknya air dan udara ke dalam perkerasan.

Void In Mineral Agregate (VMA)

VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) Nilai VMA (Voids in Mineral Aggregate) dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi campuran, intensitas tumbukan, dan suhu pemadatan. Nilai VMA merepresentasikan volume rongga antarbutir agregat yang tersedia dalam campuran beraspal setelah campuran mencapai kondisi padat. Berikut contoh perhitungan Nilai VMA pada kandungan aspal campuran AC-BC.

Diketahui :

Nilai VMA 1,5% Minyak goreng bekas

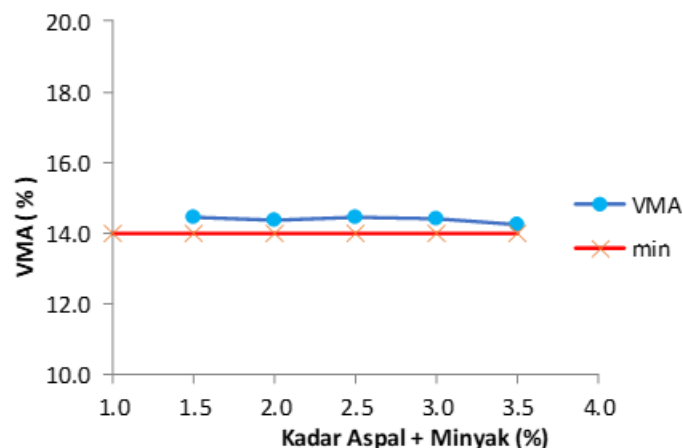
Nilai Bj benda uji = 2,320

Nilai Bj total Dry = 2,569

Penyelesaian :

a. Nilai kadar aspal 5,3%

$$\text{VMA} = 100 - \left((100 - 5,3) \times \left(\frac{2,320}{2,569} \right) \right) = 14,45\%$$



Gambar 2. Grafik Nilai VMA

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Semua variasi pada kadar aspal ideal 5,3% memenuhi persyaratan minimal 14%, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Namun, jika kepadatan campuran meningkat, nilai VMA akan turun, sebab rongga dalam kombinasi jadi lebih sedikit. Sebaliknya, jika nilai VMA naik, rongga dalam campuran menjadi lebih besar. Nilai VMA yang memenuhi batas minimum menunjukkan bahwa campuran masih memiliki ruang yang cukup untuk menampung aspal efektif.

Rongga Terisi Aspal / VFB (*Voids Filled with Bitumen*)

Analisis nilai VFB *Voids Filled with Bitumen* (VFB) ialah persentase rongga yang terisi aspal pada kombinasi sehabis dipadatkan. Berikut contoh perhitungan nilai VFB kandungan aspal kombinasi AC- BC.

Diketahui :

Nilai 1,5% Minyak goreng bekas

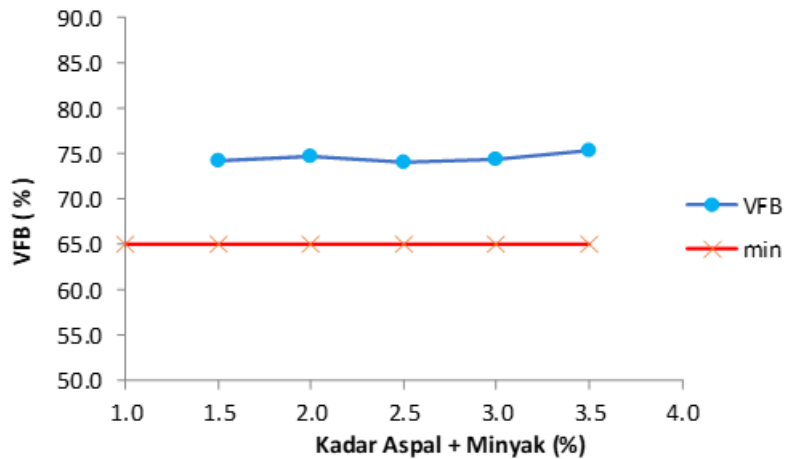
Nilai persen pori dalam agregat = 14,451

Nilai pori dalam campuran = 3,730

Penyelesaian :

a. Nilai kadar aspal 5,3%

$$\text{VFB} = 100 \times \left(\frac{14,451 - 3,730}{14,451} \right) = 74,19\%$$



Gambar 3. Grafik Nilai VFB

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 3, nilai *Voids Filled with Bitumen* (VFB) menunjukkan pola fluktuatif seiring dengan bertambahnya kadar minyak goreng bekas pada campuran. Pada kadar minyak goreng bekas sebesar 1,5%, diperoleh nilai VFB sebesar 74,19%. Nilai tersebut mengalami peningkatan menjadi 74,66% pada kadar 2%. Selanjutnya, pada kadar 2,5% nilai VFB mengalami penurunan menjadi 74,04%. Pada kadar 3%, nilai VFB kembali meningkat menjadi 74,41%, dan terus mengalami kenaikan hingga mencapai 75,38% pada kadar 3,5%. Meskipun demikian, seluruh variasi campuran masih memenuhi spesifikasi minimum VFB sebesar 65% pada campuran minyak goreng bekas.

Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas *Marshall* mencerminkan kemampuan campuran beraspal untuk mempertahankan bentuknya ketika menerima pembebanan lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk yang berlebihan, seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun bleeding. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain gradasi agregat, kadar aspal yang digunakan, serta bentuk dan tekstur permukaan agregat. Dalam campuran *Asphalt Concrete–Binder Course* (AC-BC), nilai stabilitas diperoleh melalui pengujian *Marshall* pada berbagai variasi kadar aspal untuk mengetahui kemampuan campuran dalam menahan beban secara optimal.

Diketahui:

Nilai stabilitas 1,5%

Kadar aspal 5,3%

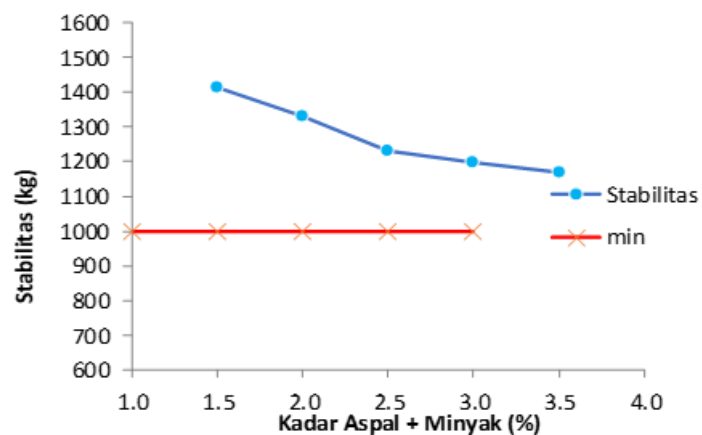
- Benda uji 1 = 1404 kg
- Benda uji 2 = 1439 kg
- Benda uji 3 = 1392 kg

Penyelesaian:

a. Kadar aspal 5,3%

$$\text{Stabilitas} = (1404 + 1439 + 1392) : 3$$

$$= 1412 \text{ kg}$$



Gambar 4. Grafik Nilai Stability

Sumber: Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 4, campuran memiliki batas minimum sebesar 1000 kg, pada seluruh variasi campuran yaitu pada kadar minyak goreng 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, memiliki nilai stabilitas yang seluruhnya berada di atas minimum. Ini menunjukkan bahwa seluruh variasi memenuhi persyaratan untuk campuran AC-BC. Campuran dengan kadar minyak goreng bekas 1,5% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 1.412 kg. Pengaruh penggunaan minyak goreng bekas dalam berbagai proporsi tetap menghasilkan campuran yang stabil dan memiliki potensi sebagai pengganti sebagian aspal.

Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada campuran beraspal saat mencapai beban maksimum dalam pengujian *Marshall*. Berikut ini nilai *flow* dari 3 benda uji pada kadar aspal campuran AC-BC.

Diketahui :

Nilai *flow* pada campuran 1,5% dengan kadar aspal optimum 5,3%

Flow benda uji 1 = 3,10 mm

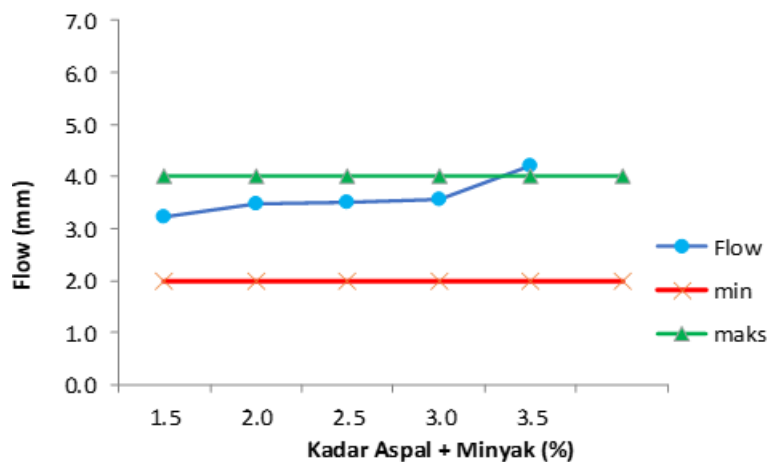
Flow benda uji 2 = 3,20 mm

Flow benda uji 3 = 3,40 mm

Penyelesaian:

$\text{Flow} = (3,10 + 3,20 + 3,40) : 3$

= 3,23 mm



Gambar 5. Grafik Nilai *Flow*

Sumber : Hasil Pengujian (2025)

Berdasarkan Gambar 5, nilai *flow* campuran AC-BC cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar minyak goreng bekas. Nilai *flow* tertinggi didapat pada kadar 3,5% yaitu 4,20 mm sedangkan nilai terendah didapatkan pada kadar 1,5% dengan nilai *flow* 3,23 mm. Selain kadar aspal 3,5%, seluruh variasi lainnya masih memenuhi spesifikasi *Marshall* yaitu 2-4 mm. Peningkatan nilai *flow* menunjukkan bahwa penambahan minyak goreng bekas menyebabkan campuran menjadi lebih lentur akibat menurunnya kekakuan aspal.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variasi penambahan minyak goreng bekas menghasilkan nilai VIM yang masih berada dalam rentang persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 3–5%. Nilai VIM tertinggi diperoleh pada variasi minyak goreng bekas 2,5% sebesar 3,76%, sedangkan nilai terendah terjadi pada variasi 3,5% sebesar 3,51%. Nilai VIM menunjukkan pola yang berfluktuasi seiring bertambahnya kadar minyak goreng bekas. Meskipun demikian, seluruh variasi masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu 3–5%. Berkurangnya rongga udara diduga terjadi karena minyak goreng bekas mampu meningkatkan kemampuan aspal dalam melapisi agregat serta mengisi ruang kosong yang terdapat di antara partikel agregat. Nilai VIM yang berada dalam rentang spesifikasi menunjukkan bahwa campuran masih memiliki keseimbangan antara kepadatan dan fleksibilitas. Apabila nilai VIM terlalu tinggi, campuran akan lebih mudah ditembus air dan udara sehingga mempercepat proses oksidasi. Sebaliknya, nilai VIM yang terlalu rendah dapat meningkatkan risiko terjadinya bleeding akibat berlebihnya aspal pada permukaan perkerasan.

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh campuran memenuhi batas minimum VMA sebesar 14%. Nilai VMA menunjukkan pola yang berfluktuasi dengan kecenderungan menurun pada kadar minyak goreng bekas yang lebih tinggi. Fenomena ini mengindikasikan bahwa rongga antar agregat menjadi lebih kecil akibat meningkatnya

kemampuan bahan pengikat dalam mengisi ruang kosong di dalam struktur campuran. Penurunan nilai VMA juga menunjukkan bahwa susunan agregat menjadi lebih rapat sehingga menghasilkan tingkat kepadatan yang lebih baik. Selain dipengaruhi oleh kadar bahan pengikat, nilai VMA sangat bergantung pada gradasi agregat dan proses pemadatan yang diterapkan. Campuran dengan nilai VMA yang mendekati batas minimum umumnya memiliki struktur yang lebih stabil karena ruang kosong antar agregat relatif sedikit.

Nilai VFB pada seluruh variasi campuran berada di atas persyaratan minimum sebesar 65%. Nilai tertinggi diperoleh pada variasi minyak goreng bekas 3,5% sebesar 75,38%, sedangkan nilai terendah terjadi pada variasi 1,5% sebesar 74,19%. Meningkatnya nilai VFB menunjukkan bahwa persentase rongga agregat yang terisi oleh bahan pengikat semakin besar. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa campuran memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengurangi rongga kosong di antara agregat. Keberadaan minyak goreng bekas dalam campuran diduga membantu meningkatkan sifat pelapisan agregat sehingga persentase rongga yang terisi menjadi lebih tinggi.

Nilai stabilitas seluruh benda uji masih berada di atas batas minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga, yaitu 1000 kg. Nilai stabilitas maksimum diperoleh pada kadar minyak goreng bekas 1,5% sebesar 1412 kg, sedangkan nilai minimum diperoleh pada kadar 3,5% sebesar 1169 kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan minyak goreng bekas dalam jumlah terbatas masih mampu mempertahankan kemampuan campuran dalam menerima beban lalu lintas. Akan tetapi, peningkatan kadar minyak goreng bekas yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan nilai stabilitas. Kondisi ini diduga terjadi akibat berkurangnya kekakuan aspal sehingga campuran menjadi lebih lunak dan kurang mampu menahan beban secara optimal. Meskipun mengalami penurunan, seluruh variasi campuran masih memenuhi persyaratan teknis yang berlaku untuk lapis AC-BC.

Nilai *flow* menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya kadar minyak goreng bekas. Nilai terendah diperoleh pada variasi 1,5% sebesar 3,23 mm, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada variasi 3,5% sebesar 4,20 mm. Peningkatan nilai *flow* mengindikasikan bahwa campuran memiliki tingkat deformasi yang lebih besar ketika menerima pembebanan. Hal ini berkaitan dengan sifat minyak goreng bekas yang cenderung menurunkan kekakuan bahan pengikat sehingga campuran menjadi lebih lentur. Walaupun peningkatan fleksibilitas dapat mengurangi risiko retak, nilai *flow* yang terlalu tinggi berpotensi meningkatkan kemungkinan terjadinya deformasi permanen pada perkerasan. Oleh karena itu, kadar minyak goreng bekas perlu dibatasi agar keseimbangan antara stabilitas dan fleksibilitas tetap terjaga.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan minyak goreng bekas sebagai pengganti sebagian aspal pada campuran AC-BC memberikan pengaruh terhadap karakteristik *Marshall* campuran. Pada kadar tertentu, penambahan minyak goreng bekas mampu meningkatkan fleksibilitas campuran tanpa mengurangi kesesuaiannya terhadap spesifikasi teknis yang berlaku. Berdasarkan hasil pengujian, kadar minyak goreng bekas yang dinilai paling optimal dalam penelitian ini berada pada rentang 1,5%–3%, karena masih menghasilkan nilai volumetrik dan stabilitas yang baik. Selain itu, pemanfaatan minyak goreng bekas juga memberikan manfaat bagi lingkungan dengan mengurangi limbah rumah tangga yang berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang secara sembarangan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada pengujian karakteristik *Marshall* dan belum mencakup pengujian lanjutan seperti durabilitas, ketahanan terhadap perendaman, serta deformasi permanen. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian lebih lanjut agar penggunaan minyak goreng bekas pada campuran AC-BC dapat diterapkan secara lebih luas dalam konstruksi perkerasan jalan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* yang telah dilakukan, penggunaan minyak goreng bekas sebagai substitusi parsial aspal memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete–Binder Course* (AC-BC). Variasi kadar minyak goreng bekas sebesar 1,5% hingga 3% masih menghasilkan campuran yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 berdasarkan parameter VIM, VMA, VFB, stabilitas, dan *flow*. Sementara itu, pada variasi 3,5% diperoleh nilai *flow* sebesar 4,20 mm yang melebihi batas maksimum yang dipersyaratkan.

Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar minyak goreng bekas 1,5% sebesar 1412 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah terjadi pada kadar 3,5% sebesar 1169 kg. Di sisi lain, peningkatan kadar minyak goreng bekas menyebabkan nilai *flow* cenderung meningkat yang menunjukkan bertambahnya tingkat kelenturan campuran. Berdasarkan hasil tersebut, kadar minyak goreng bekas yang direkomendasikan berada pada rentang 1,5%–3% karena masih mampu memenuhi seluruh parameter *Marshall* yang disyaratkan.

Pemanfaatan minyak goreng bekas pada campuran AC-BC tidak hanya berpotensi meningkatkan nilai guna limbah, tetapi juga dapat menjadi alternatif material yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis apabila digunakan dalam proporsi yang sesuai. Selain itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi aspek durabilitas, ketahanan terhadap perendaman, serta deformasi permanen guna memperoleh gambaran kinerja campuran yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6: Perkerasan Aspal (Revisi 2). Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Efendy, A., Zulfikan, A. C., Wahyuningsih, T., Isfanari, I., Sasmito, S., Wahyudi, M., & Fitrayudha, A. (2024). Analisa Kerusakan Jalan Menggunakan Metode SDI Pada Ruas Jalan Kabupaten Sumbawa: Road Damage Analysis Using SDI Method of Road Sections in Sumbawa District. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 9(1). <https://doi.org/10.32528/HEXAGON.V9I1.1918>
- Rani, M. E., Afilda, S., Zainuddin, Z., & Sari, A. N. (2025). Penggunaan Abu Kulit Kakao Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete–Binder Course) Terhadap Nilai Marshall. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 300-308. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.841>
- Lalu, R. N. (2026). Analisis Karakteristik Campuran Aspal Ac-Base Dengan Penambahan Serbuk Limbah Upvc Sebagai Substitusi Aspal. repository.ummat.ac.id. <https://repository.ummat.ac.id/14013/>
- Nursabrina, A., Joko, T., Septiani, O., Kesehatan Lingkungan, M., Kesehatan Masyarakat, F., Diponegoro, U., & Kesehatan Lingkungan, D. (2021). Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 13(1), 80–90. <https://doi.org/10.34011/JURISKESBDG.V13I1.1841>
- Nyoman, I., Thanaya, A., Made, I., Ariawan, A., Putu, I., & Wibawa, C. (2022). Analisis Karakteristik Campuran Laston Menggunakan Material Perkerasan Jalan Lama Dengan Peremaja Limbah Minyak Goreng. *Ejournal.Undip.Ac.Id*, 28(2), 230–240. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/48137>
- Prabawa, I. M. (2021). Pengaruh Penambahan Minyak Jelantah Pada Aspal Modifikasi Styrofoam Terhadap Kinerja. *Eprints.Unram.Ac.Id*. <https://eprints.unram.ac.id/22178/1/Tugas%20akhir%20MD%20DWI%20%20ARI%20P.%28%20F1A016059%29.pdf>
- Purnomo, C. (2024). *Solusi Pengelolaan Sampah Kota Edisi Kedua*. <https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=Dj47EQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Purnomo,+A.,+dkk.+<2024>.+Pemanfaatan+Limbah+sebagai+Material+Pendukung+Pembangunan+Berkelanjutan.+Jurnal+Lingkungan+dan+Konstruksi.&ots=CXYIwLB7UW&sig=E41f58mBi-Rs4xJvPPDBcC70okQ>
- Sepriyanna, I., Putranto, L. S., Subagio, B. S., & Najid, N. (2025). Studi Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Sebagai Rejuvenator Pada Campuran RAP. *Construction and Material Journal*, 7(2), 231–244. <https://doi.org/10.32722/CMJ.V7I2.7895>
- Silaen, S. M., Lubis, M., & Fatikhah, R. (2026). Evaluasi Volumetrik dan Marshall Campuran AC-BC dengan Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang. *Jurnal Studi Dan Aplikasi Teknik Sipil (JSATS)*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.64123/JSATS.V2.I1.5>
- Sukirman, S. (2007). *Beton aspal campuran panas / Silvia Sukirman* (Ed. 2). Yayasan Obor Indonesia.
- Sukirman, S. (2016). *e-BETON Aspal Campuran Panas*. Institut Teknologi Nasional.
- Wanggi, F. (2020). *PENGARUH PENGGUNAAN MINYAK GORENG BEKAS PADA LASTON AC-WC*. <https://repository.uajy.ac.id/id/eprint/23112/1/1502162521.pdf>
- Wibisono, A., Putra, S., Junaedi, T., & Sulistyorini, R. (2023). Pengaruh PET Sebagai Bahan Tambah Aspal Terhadap Nilai Kekuatan Sisa Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, 11(4), 667–678. <https://doi.org/10.23960/JRSDD.V11I4.3716>