



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pengaruh Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Filler Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-BC

Roza Mildawati^a, Sri Hartati Dewi^b, Riski Al Asri^c

^{a,b,c}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 28284, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 22 Oktober 2024

Revisi Akhir: 31 Desember 2024

Diterbitkan Online: 31 Desember 2024

KATA KUNCI

Limbah Karbit,

AC-BC,

Filler,

Marshall.

KORESPONDENSI

Telepon: 0813-6560-0989

E-mail : rozamildawati@eng.uir.ac.id

ABSTRACT

Dalam campuran aspal digunakan bahan pengisi filler, Filler digunakan sebagai bahan pengisi antar partikel agregat yang lebih kasar, filler juga berfungsi meningkatkan energi ikat (kohesi) pada aspal beton. Penelitian ini menggunakan limbah karbit sebagai alternatif pengganti filler pada campuran aspal AC-BC. Limbah karbit adalah hasil sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai, diperoleh dari bengkel las karbit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian marshall test yaitu VMA, VFA, VIM, stabilitas, dan Flow. Penelitian ini menggunakan metode penelitian Eksperimen. Komposisi Variasi Substitusi limbah karbit yang digunakan sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat filler. Hasil penelitian didapatkan campuran limbah karbit variasi 0% nilai VMA sebesar 15,585 %, VFA 83,166 %, VIM 3,142 %, Stabilitas 1290,081 Kg, dan flow 3,51 mm. variasi 1% nilai VMA sebesar 15,727 %, VFA 84,066 %, VIM 3,305 %, Stabilitas 1317,676 Kg, dan flow 3,60 mm. variasi 2% nilai VMA sebesar 15,802 %, VFA 83,167 %, VIM 3,391 %, Stabilitas 1359,069 Kg, dan flow 3,78 mm. variasi 3% nilai VMA sebesar 15,376 %, VFA 82,700 %, VIM 3,391 %, Stabilitas 1400,462 Kg dan flow 3,89 mm. variasi 4% nilai VMA sebesar 15,043 %, VFA 87,419 %, VIM 2,779 %, Stabilitas 1407,361 Kg, dan flow 3,90 mm. Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah karbit pada variasi 3% adalah campuran yang paling efektif sesuai spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2.

1. PENDAHULUAN

Jalan raya adalah infrastruktur transportasi darat yang memiliki peran penting dalam pembangunan, terutama dalam memastikan kelancaran distribusi barang dan jasa. Sebagian besar kegiatan transportasi masih menggunakan jalan raya. Pengaruh besar tersebut menyebabkan jalan raya memiliki peran dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat. Pemahaman yang komprehensif tentang kondisi, perawatan, dan perkembangan konstruksi jalan menjadi kunci dalam memastikan berfungsinya jalan sebagai sarana transportasi yang andal dan berkelanjutan (Simamora, 2021).

Semakin baik perkerasan jalan yang digunakan maka akan berdampak pada, peningkatan kebutuhan material yang terus meningkat. Penggunaan aspal sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan jalan memiliki peran yang sangat penting untuk menjamin kualitas jalan untuk dibangun (Sukiman, 2010).

Lapisan permukaan dalam konstruksi jalan, yang dikenal dengan campuran aspal beton, terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi yang dicampur, diamparkan, dan dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu 145°C (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Aspal adalah bahan berwarna hitam atau coklat tua yang pada suhu ruang berbentuk padat hingga semi-padat. Jika dipanaskan hingga suhu tertentu, aspal dapat menjadi lunak atau cair, memungkinkan untuk membungkus

partikel agregat saat pembuatan aspal beton atau mengisi pori-pori saat digunakan dalam penyemprotan perkerasan. Saat suhu mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada posisinya (Pratiwi, 2021). Material yang biasa digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran perkerasan salah satunya yaitu abu batu, yang mana kini material tersebut ketersediaannya terbatas. Oleh karena itu, peneliti ingin menggunakan bahan pengisi atau filler lain, yaitu limbah karbit. Limbah karbit yang digunakan peneliti didapat dari sisa – sisa hasil pengelasan di bengkel las.

Limbah karbit adalah hasil sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai, Limbah karbit yang digunakan peneliti didapat dari sisa – sisa hasil pengelasan di bengkel las. Limbah karbit adalah hasil sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai, diperoleh dari bengkel las karbit. Selama proses las karbit, dihasilkan pula limbah samping berupa kapur semi padat yang umumnya dibuang pada daerah tertentu atau ditimbun di sekitar bengkel. Jika keadaan ini dibiarkan terus-menerus, pabrik atau bengkel las karbit dapat mengalami kekurangan lahan untuk penimbunan limbah, yang berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu dampak negatif dari las karbit adalah gangguan terhadap sanitasi lingkungan. Limbah karbit menghasilkan bau tidak sedap yang bisa menyebarkan penyakit serta memengaruhi kualitas udara dan tanah. (Bela, 2022)

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian di laboratorium menggunakan limbah karbit sebagai substitusi bahan pengisi atau filler. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan percobaan untuk memperoleh hasil. Melalui pendekatan ini, pemanfaatan limbah karbit dalam konstruksi aspal beton akan dievaluasi, dengan variasi kadar limbah karbit sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Peneliti berharap, pemanfaatan limbah karbit mampu membuat kualitas pada aspal meningkat, serta dapat membantu dalam pembangunan jalan yang ramah lingkungan dan berkualitas. Berdasarkan keterangan diatas peneliti ingin melakukan penelitian berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Filler Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-BC”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan Pustaka adalah kegiatan yang meliputi mencari, membaca tentang hasil-hasil penelitian yang diperoleh dan berkaitan erat dengan penelitian saat ini, agar dapat membantu memberikan penyelesaian masalah dalam penelitian yang sedang berlangsung yang akan disajikan untuk menyusun dasar atau kerangka teori penelitian. Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian

terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, akan dipaparkan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang di lakukan, sebagai berikut:

Bela, (2022) telah melakukan penelitian dengan judul “Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai Filler Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Beton Dengan Variasi Perendaman”. Upaya untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan (aspal) dilakukan salah satunya dengan menambahkan bahan pengisi yang bervariasi guna mendapatkan kualitas aspal yang baik. Untuk mengurangi keterbatasan filler, limbah las karbit bisa dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian filler. Sisa las karbit melimpah sebagai limbah. Ketersediaan limbah las karbit di indonesia mudah didapat serta limbah las karbit lebih tahan terhadap perubahan suhu, sehingga lapis permukaan jalan mampu menahan deformasi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penambahan bahan limbah las karbit sebagai filler terhadap sifat dan karakteristik dari campuran aspal panas dengan variasi perendaman dan Untuk mengetahui penambahan limbah las karbit yang menghasilkan nilai stabilitas maksimal terhadap variasi perendaman. Penelitian ini menggunakan agregat kasar (batu pecah 1-2 dan batu pecah 0,5-1), agregat halus (abu batu) dan limbah las karbit. Pembuatan benda uji dengan Kadar Karbit 20%, 30% dan 40%. Perawatan benda uji dilakukan dengan perendaman pada Suhu 60°C dengan waktu, 3, 7, dan 14 hari. Penambahan limbah las karbit yang paling meningkat dan perendaman pada STABILITAS, FLOW, VIM, VFA dan MQ terdapat pada limbah las karbit STABILITAS 20% yaitu 1141.54, perendaman 3 hari dan yang paling menurun yaitu perendaman 14 hari 40% 1066.44. Hasil pengujian *Marshall Test* variasi bahan tambah limbah karbit penambahan yang terbaik yaitu 20% dengan perendaman 3 hari. Namun penambahan kadar yang lain juga masih dalam batas spesifikasi.

Simamora, (2021) telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Lapisan Perkerasan *Asphalt Concrete Binder Course* (Ac-Bc)”. Pada penelitian ini peneliti memanfaatkan limbah karbit sebagai bahan tambah pada campuran perkerasan aspal beton untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall*. Pada penelitian ini variasi kadar limbah yang digunakan yaitu 2%, 3% dan 4% dari berat total campuran dengan kadar aspal yang digunakan yaitu 5%, 6% dan 7%, dimana nantinya tiap variasi kadar limbah karbit tersebut akan ditambahkan dengan kadar aspal yang ada dengan tujuan mencari Kadar Aspal Optimum (KAO). Setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai karakteristik *marshall* pada KAO 7% dengan penambahan kadar limbah 2% yaitu, diperoleh nilai stabilitas sebesar 2968,35 kg, nilai VIM sebesar 4,35%, nilai VMA sebesar 19,98 %, nilai VFB sebesar 78,20 %, nilai *FLOW* sebesar 3,22 mm dam

Marshall Quotient sebesar 920,639 kg/mm. Dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah 2% pada Kadar Aspal Optimum 7% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal dimana limbah karbit bereaksi dengan *filler* abu batu dengan aspal saat dipanaskan menghasilkan daya ikat yang kuat dan kekuatan yang tinggi terhadap kemampuan menerima beban.

Pratiwi, (2021) telah melakukan penelitian dengan judul “Alternatif Penggunaan Limbah Karbit Sebagai Pengganti *Filler* Pada Campuran Aspal *Hot Rolled Sheet – Base Course*”. Tujuan penelitian ini yaitu dapat mengetahui hasil pengujian *Marshall properties* dengan campuran limbah karbit sebagai pengganti sebagian *filler* aspal HRS-BC. pengujian *marshall* ini dilakukan untuk memperoleh hasil dari stabilitas, rongga udara dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFWA), rongga dalam agregat (VMA), Kelelahan (*Flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Variasi limbah karbit yang digunakan sebagai substitusi *filler* yaitu 0%, 40%, 60% dan 70% dari berat *filler* dengan 12 benda uji yang masing-masing variasinya dibuat 3 benda uji. Hasil pengujian *marshall* adalah campuran yang paling baik untuk memenuhi Spesifikasi Umum Divisi 6 : 2016 Perkerasan Aspal adalah Campuran limbah karbit variasi 60%. dengan hasil stabilitas sebesar 1291,26 kg, VFWA sebesar 71,67 kg, VMA sebesar 23,41 kg, dan MQ sebesar 562,35. tetapi untuk variasi 60% hasil VIM sebesar 8,04 kg dan *Flow* sebesar 2,30 mm. hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil VMA dan *Flow* tidak memenuhi Spesifikasi Umum Divisi 6 : 2016 Perkerasan Aspal.

Guntu, (2021) telah melakukan penelitian dengan judul “Dampak Substitusi Bahan/Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti *Filler* Terhadap Sifat Dan Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Lataston” Penelitian ini mencoba menggunakan limbah las karbit yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton terhadap karakteristik dan memenuhi syarat teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal panas (HRS-WC) dengan menggunakan aspal minyak dengan variasi limbah las karbit pada perendaman berulang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan limbah las karbit pada konstruksi aspal beton dengan variasi kadar limbah las karbit 20%, 40%, 60%, dan 80%. Nilai stabilitas tertinggi pada kadar 20% dengan perendaman 3 hari yaitu 1146.70 kg, kemudian mengalami penurunan hingga nilai stabilitas paling rendah pada kadar 80% dengan perendaman 14 hari yaitu 1011.81 kg. Hal ini disebabkan karena tekstur limbah las karbit yang sangat halus sehingga bisa memakan kadar aspal sehingga kadar aspal berkurang. Nilai *flow* mengalami peningkatan dikarenakan semakin banyak kadar penambahan dan lama durasi perendaman menyebabkan titik lembek dan viskositas meningkat. Nilai *flow* terendah yaitu 3.47 mm dan nilai tertinggi yaitu 3.88 mm. Nilai VIM dan VMA mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar karbit dikarenakan makin banyak

kadar karbit maka akan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran namun masih dalam batas spesifikasi. Nilai VIM terendah yaitu 5.62% dan nilai tertinggi yaitu 5.86%, sedangkan untuk VMA nilai terendah yaitu 18.11% dan nilai tertinggi yaitu 18.32%. Sedangkan untuk nilai VFB mengalami penurunan yang signifikan, tetapi semua nilai masih dalam batas spesifikasi. Nilai VFB tertinggi yaitu 331.14 kg/mm dan nilai terendah yaitu 260.73 kg/mm.

Iqbal et al., (2020) telah melakukan penelitian dengan judul “Analisis Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai *Filler* Campuran Aspal AC Wc”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari pengujian pengaruh limbah las karbit sebagai *filler* pada lapisan aspal AC WC dengan menggunakan uji karakteristik *Marshall Test*. Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang mana datanya diambil data dan hasil dari pengujian dari laboratorium AMP PT. Hakaaston Palembang. Hasil penelitian dari pengaruh kuat tekan *Marshall Test* dengan penambahan limbah las karbit sebagai *filler* pada campuran asphalt concrete wearing course (AC-WC) dengan variasi 1% 2% 3% mengalami kenaikan serta mengalami penurunan terhadap pengujian *Marshall Test*. Dan pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan limbah las karbit sebagai *filler* pada campuran asphalt concrete wearing course (AC-WC) dengan variasi 1% 2% 3% untuk nilai karakteristik tidak bisa digunakan dalam pengganti *filler* abu batu.

2.3 Keaslian Penelitian

Setiap penelitian memiliki sisi permasalahan yang berbeda, seperti lokasi penelitian, jenis pekerjaan, waktu pelaksanaan dari setiap penelitian. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terdapat pada campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) yang mengganti sebagian *filler*. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) yang mengganti sebagian *filler* pada abu batu dan dilakukan pengembangan terhadap variasi persentase antara *filler* limbah karbit dan abu batu. Oleh karena itu, peneliti merasa termotivasi untuk menjalankan penelitian sesuai dengan kerangka yang telah diuraikan di atas.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan percobaan untuk memperoleh hasil yang mengacu pada spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2. Melalui penelitian ini, pemanfaatan limbah karbit dalam konstruksi aspal beton akan dievaluasi, dengan variasi kadar limbah karbit sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% sebagai filler pada campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC). Setiap variasi terdiri dari tiga benda uji. Benda uji ini berbentuk silinder dengan berat total campuran yang digunakan sebesar 1100 gram. Pelaksanaan di Unit Laboratorium Geoteknik Jalan Raya/Aspal Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Tahapan Penelitian :

1. Studi Literatur
2. Persiapan Perizinan
3. Pengujian Bahan
 - a. Analisa Saringan
 - b. Berat Jenis
4. Pengolahan Limbah Karbit
5. Pembuatan Benda Uji Campuran AC-BC
6. Pengujian Marshall

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

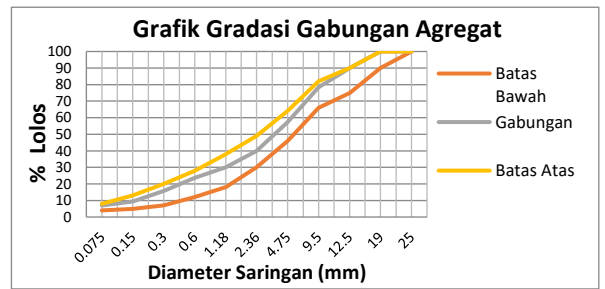
4.1 Hasil Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan)

Pada penelitian ini, pemeriksaan analisis saringan digunakan sebagai acuan untuk menentukan persentase campuran agregat. Data yang diperoleh dari analisis saringan untuk agregat kasar, agregat medium, abu batu, pasir, dan filler terdapat ditabel 1.

Tabel 1. Hasil Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan)

Ukuran Saringan		% Pemakaian Agregat				Agregat Gabungan	spek
Inchi	mm	CA	MA	FA	FS		
		16,31	28,17	41,55	13,98		
1"	25	16,31	28,17	41,55	13,98	100	100
3/4"	19	16,31	28,17	41,55	13,98	100	90-100
1/2"	12,5	7,13	27,35	41,55	13,98	90	75-90
3/8"	9,5	2,49	20,63	41,31	13,91	78,34	66-82
No.4	4,75	0,23	4,25	39,50	13,36	57,34	46-64
No.8	2,36	0,10	1,56	26,11	12,23	40	30-49
No.16	1,18	0,09	1,47	17,77	10,68	30	18-38

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bagaimana kombinasi gradasi agregat menghasilkan gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan untuk campuran aspal beton.



Gambar 1. Grafik Gradasi Gabungan Agregat

4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

No	Pengujian	Agregat Kasar (gr/cm ³)	Agregat Medium (gr/cm ³)	Abu Batu (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)	Syarat
1	Berat Jenis (Bulk)	2,59	2,47	2,49	2,84	Min 2,5
2	Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	2,64	2,52	2,55	2,89	Min 2,5
3	Berat Jenis Semu (Apparent)	2,72	2,60	2,67	3,00	Min 2,5
4	Penyerapan (%)	0,02	0,02	0,03	0,02	Max 3,0%

Berdasarkan persyaratan umum yang digunakan sebagai pedoman, pada tabel 2 dapat dijelaskan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan dan layak digunakan sebagai campuran aspal (Nofriandi, 2020).

4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Dalam penelitian ini menggunakan Aspal Penetrasi 60–70. Data sekunder hanya digunakan untuk menguji mutu aspal, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

No	Jenis Penelitian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan Pengujian
1	Penetrasi	0.1	63,24	60-70
2	Titik Lembek	°C	49,75	48-54
3	Titik Nyala	°C	300	Min 232
4	Daktilitas	°C	135	Min 100

4.4 Hasil Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Tengah

Setelah memperoleh hasil persentase gradasi agregat campuran, langkah selanjutnya adalah menentukan perkiraan awal kadar aspal dalam rancangan (Pb). Dalam hal ini, digunakan lima variasi kadar aspal, masing-masing berbeda sebesar 0,5%. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan untuk memperkirakan kadar aspal rencana awal (Pb) :

Persen agregat tertahan saringan No.8 (CA) = 60,0 %

Persen agregat lolos No.8 tertahan No.200 (FA) = 33,3 %

Persen agregat lolos saringan No.200 = 6,7 %
 Konstanta (0,5 - 1) untuk lapisan aspal beton = 0,5

Persamaan 1 :

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035(CA) + 0,045(FA) + 0,18(FS) + \text{Konstanta (1)} \\ &= 0,035(60,0) + 0,045(33,7) + 0,18(6,7) + 0,5 \\ &= 2,1 + 1,51 + 1,20 + 0,5 \\ &= 5,31 \text{ (Dibulatkan 5,3)} \\ &= 5,3\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai perkiraan awal kadar aspal tengah (pb) sebesar 5,3%. Akibatnya, variasi kadar aspal campuran AC-BC adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0 % dan 6,5%.

4.5 Hasil Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk menentukan nilai stabilitas dan kelelahan dari campuran aspal yang direncanakan. Hasil pengujian ini juga digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dalam campuran, dengan terlebih dahulu mengevaluasi 5 parameter Marshall yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFA. Analisis hasil harus sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Revisi 2 untuk campuran AC-BC. Hasil pengujian Marshall untuk 5 variasi kadar aspal terdapat pada tabel 4.

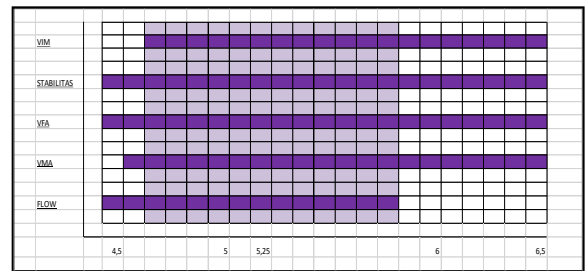
Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall

No	Parameter	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spek
			4,5	5	5,5	6	6,5	
1	VMA	%	13,543	16,448	18,068	18,939	19,739	Min 14
2	VFA	%	77,681	69,045	68,157	70,553	72,997	Min 65
3	VIM	%	1,714	3,827	4,513	4,350	4,115	Min 3 Max 5
4	Stabilitas	Kg	1759,201	1679,654	1635,022	1179,700	1145,205	Min 800
5	Flow	Mm	2,90	2,73	2,90	4,20	4,78	Min 2 Max 4

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa, nilai VFA dan Stabilitas pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018, Revisi 2. Pada nilai VMA yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%, namun pada kadar aspal 4,5% untuk VMA tidak memenuhi standar spesifikasi. Pada nilai VIM yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6%, dan 6,5% namun pada kadar aspal 4,5% untuk VIM tidak memenuhi standar spesifikasi. Nilai Flow terjadi peningkatan pada 6% dan 6,5% sehingga nilai yang didapat tidak masuk batas standar.

Setelah menganalisis 15 benda uji, langkah berikutnya adalah menghitung nilai kadar aspal optimum berdasarkan 5 parameter Marshall, yaitu nilai stabilitas, flow, VIM,

VMA, dan VFA. KAO diperoleh dengan membagi rata-rata nilai dari berbagai spesifikasi yang memenuhi syarat. Nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned} \text{Kadar aspal Optimum} &= \frac{4,7\% + 5,8\%}{2} \\ &= 5,25\% \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 2 didapatkan nilai KAO yaitu 5,25%. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan menggunakan filler limbah karbit terhadap KAO. Benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, dimana 3 benda uji untuk komposisi 96% filler abu batu + 4% filler limbah karbit, 3 benda uji untuk komposisi 97% filler abu batu + 3% filler limbah karbit, 3 benda uji untuk komposisi 98% filler abu batu + 2% filler limbah karbit, 3 benda uji untuk komposisi 99% filler abu baru + 1% filler limbah karbit dan 3 benda uji untuk komposisi 100% abu batu. Berikut hasil pengujian Marshall KAO + Persentase penambahan filler limbah karbit sesuai standar peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Revisi 2 terdapat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-BC dengan Filler Limbah Karbit Terhadap Kadar Aspal Optimum

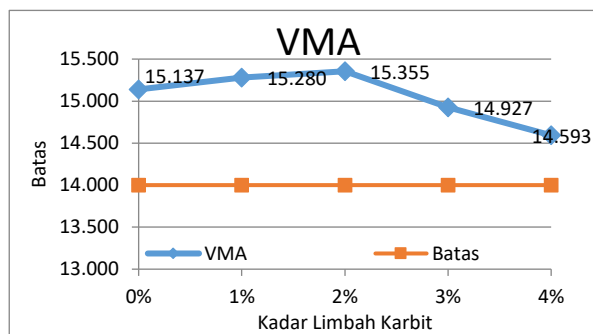
No	Parameter	Satuan	Kadar Limbah Karbit (%)					Spek
			0	1	2	3	4	
1	VMA	%	15,137	15,280	15,355	14,927	14,593	Min 14
2	VFA	%	78,1564	79,027	78,156	77,706	82,283	Min 65
3	VIM	%	3,837	3,999	4,084	4,084	3,477	Min 3 Max 5
4	Stabilitas	Kg	1290,081	1317,676	1359,069	1400,462	1303,878	Min 800
5	Flow	mm	3,51	3,60	3,78	3,89	4,10	Min 2 Maks 4

Berdasarkan dari tabel diatas dapat dilihat bahwa penambahan limbah karbit memenuhi persyaratan standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2. Nilai VMA terjadi penurunan dikadar limbah karbit 4%, Nilai VFA menjadi tinggi, jika semakin besar campuran filler limbah karbit. Nilai VIM meningkat dikadar limbah karbit 2% dan 3%, Nilai Stabilitas dan Flow telah memenuhi standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2.

4.6 PEMBAHASAN

4.6.1 Grafik Rongga Dalam Mineral Agregat (Void in mineral aggregate)/VMA

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal afektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA tergantung pada ukuran mineral agregat, tekstur permukaan agregat, bentuk partikel agregat dan metode pemadatan. Nilai VMA ada komposisi Filler limbah karbit terhadap kadar aspal optimum 5,25% pada penelitian Marshall Test terdapat pada gambar 2.



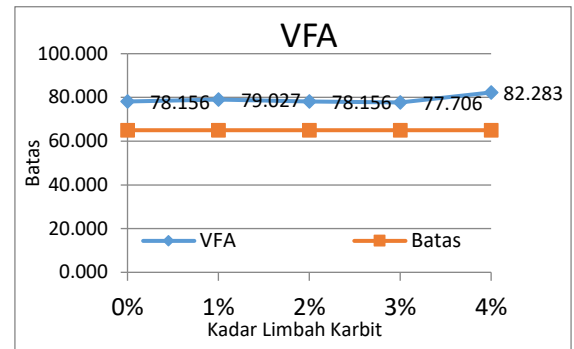
Gambar 2. Hubungan VMA dengan Filler Limbah Karbit Pada KAO

Berdasarkan gambar 2 terjadi kenaikan nilai VMA pada kadar limbah karbit 0%, 1%, dan 2%. mengalami peningkatan nilai setelah ditambahkan 3% dan 4%. Walaupun mengalami penurunan, nilainya masih dalam standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2, yaitu syarat minimum untuk nilai VMA pada campuran AC-BC adalah 14%. Nilai VMA pada kadar aspal optimum untuk campuran, diperoleh pada kadar 96% filler abu batu + 4% filler limbah karbit sebesar 14,593%, nilai untuk kadar 97% filler abu batu + 3% filler limbah karbit sebesar 14,927%, nilai untuk kadar 98% filler abu batu + 2% filler limbah karbit sebesar 15,355%, nilai untuk kadar 99% filler abu baru + 1% filler limbah karbit sebesar 15,280%, dan nilai untuk kadar 100% abu batu sebesar 15,137%.

4.6.2 Grafik Rongga Terisi Aspal (Void Filled with Asphalt/VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap agregat. Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang tahan lama, rongga-rongga antar agregat harus terisi cukup aspal sehingga terbentuk lapisan aspal yang berkualitas.

VFA pada komposisi Filler limbah karbit yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,25% pada penelitian Marshall Test terdapat pada gambar 3.

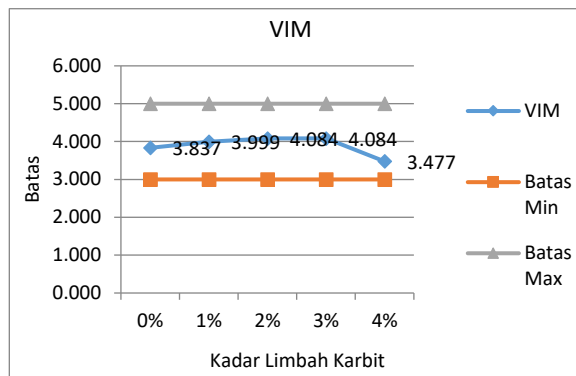


Gambar 3. Hubungan VFA dengan Filler Limbah Karbit pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan gambar 3 terdapat kenaikan pada kadar limbah karbit 3%, namun terjadi penurunan, Nilai VFA pada kadar aspal optimum untuk campuran diperoleh pada kadar 96% filler abu batu + 4% filler limbah karbit sebesar 82,283%, Nilai untuk 97% filler abu batu + 3% filler limbah karbit sebesar 77,706%, Nilai untuk 98% filler abu batu + 2% filler limbah karbit sebesar 78,156%, Nilai untuk 99% filler abu baru + 1% filler limbah karbit sebesar 79,027% dan untuk 100% abu batu sebesar 78,166%. Untuk semua variasi filler telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Revisi 2 yaitu nilai minimum VFA untuk campuran AC-BC. Nilai VFA mempengaruhi kekedapan campuran terhadap air dan udara, serta menentukan stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas lapisan perkerasan. Semakin tinggi nilai VFA, semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal, meningkatkan kekedapannya terhadap air dan udara. Namun, jika nilai VFA terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan bleeding. Sebaliknya, nilai VFA yang terlalu rendah akan membuat campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan aspal yang tipis mudah retak di bawah beban, sehingga lapisan perkerasan menjadi tidak tahan lama.

4.6.3 Grafik Rongga Dalam Campuran (Void In the Mix/VIM)

VIM merupakan total rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. VFA pada komposisi Filler limbah karbit yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,25% pada penelitian Marshall Test terdapat pada gambar 5002E



Gambar 1. Hubungan VIM dengan Filler limbah karbit pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan gambar 4 nilai kadar limbah karbit dan 4% mengalami penurunan, namun nilai kadar limbah karbit 4%, tidak keluar batas minimum 3% dengan nilai 3,477%, sesuai spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2, yaitu dengan nilai minimum 3% dan nilai maksimum 5%. Nilai VIM pada kadar aspal optimum untuk campuran dengan komposisi 96% filler abu batu + 4% filler limbah karbit sebesar 3,477%, 97% filler abu batu + 3% filler limbah karbit sebesar 4,048%, 98% filler abu batu + 2% filler limbah karbit sebesar 4,048%, 99% filler abu baru + 1% filler limbah karbit sebesar 3,999% dan 100% abu batu didapatkan nilai VIM sebesar 3,837%.

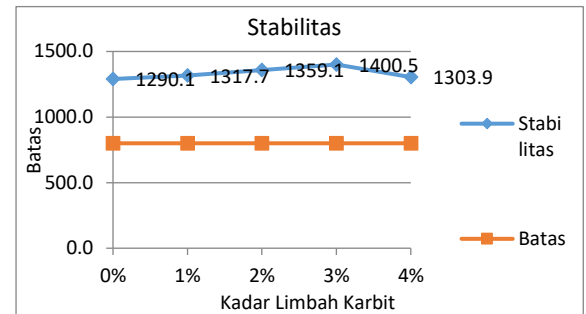
Nilai VIM merupakan indikator umum yang berhubungan dengan durabilitas dan kekuatan campuran perkerasan. Semakin tinggi nilai VIM, semakin besar rongga dalam campuran, membuatnya lebih porus dan kurang rapat, sehingga air dan udara mudah masuk. Hal ini mengurangi lekatan antar butiran agregat, yang menyebabkan pelepasan butiran pada lapisan perkerasan. Sebaliknya, semakin rendah nilai VIM, campuran aspal akan lebih kedap air dan udara, yang dapat mempercepat kerusakan perkerasan dan menyebabkan bleeding (aspal meleleh keluar) saat menahan beban lalu lintas.

4.6.4 Grafik Stabilitas

Stabilitas adalah kapasitas campuran beton aspal untuk menahan beban hingga mengalami kelelahan plastis, atau dalam konteks lain, kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen seperti gelombang atau alur. Penilaian stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan, dan distribusi ukuran butiran agregat, serta proporsi aspal dalam campuran.

Penggunaan aspal pada suatu campuran menentukan nilai kestabilan suatu campuran. Dengan menambahkan aspal maka nilai kestabilan menjadi maksimal. Namun penambahan aspal melebihi batas atas akan menurunkan nilai kestabilan dan menjadikan lapisan perkerasan menjadi lebih keras dan rawan retak.

Nilai stabilitas pada komposisi Filler limbah karbit yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,25% pada penelitian Marshall Test terdapat pada gambar 5.



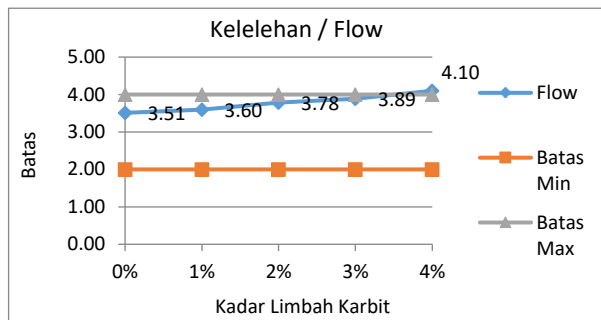
Gambar 5. Hubungan Stabilitas dengan Filler Limbah Karbit pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 5 nilai stabilitas mengalami peningkatan hanya dikadar limbah karbit 1%, 2%, dan 3%, sedangkan untuk 4% mengalami penurunan. Untuk nilai Stabilitas sudah sesuai dengan batas minimum standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2, nilai stabilitas minimum 800Kg untuk campuran aspal AC-BC.

Diperoleh nilai stabilitas terhadap kadar aspal optimum pada komposisi 96% filler abu batu + 4% filler limbah karbit sebesar 1303,9Kg, 97% filler abu batu + 3% filler limbah karbit sebesar 1400,5Kg, 98% filler abu batu + 2% filler limbah karbit sebesar 1359,1Kg, 99% filler abu baru + 1% filler limbah karbit sebesar 1317,7Kg dan 100% abu batu sebesar 1290,1Kg. Nilai Stabilitas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan lapisan perkerasan terlalu kaku dan akan mudah terjadi retak pada waktu menerima beban lalu lintas sehingga tingkat keawetannya berkurang.

4.6.5 Grafik Kelelahan/Flow

Kelelahan / Flow adalah jumlah penurunan atau deformasi vertikal yang terjadi pada benda uji pada saat awal pembebanan, menyebabkan penurunan stabilitas yang menunjukkan besarnya deformasi yang dialami oleh lapis perkerasan saat menahan beban. Nilai Flow dipengaruhi oleh viskositas aspal, jumlah aspal, dan suhu pemadatan. Ketahanan terhadap kelelahan (flow) merupakan kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban. Nilai Flow dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Nilai flow pada komposisi Filler limbah karbit yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,25% pada penelitian Marshall Test terdapat pada gambar 6.



Gambar 2. Hubungan Flow dengan Filler Limbah Karbit pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan gambar 6 nilai *flow* cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya komposisi *Filler* limbah karbit pada kadar yang berbeda. Nilai *flow* tertinggi pada kadar limbah karbit 4%, tapi masih berada didalam batas minimum dan maksimum, sesuai dengan standar Spesifikasi bina marga 2018, Revisi. Dengan nilai minimum 2mm dan nilai maksimum 4mm. Diperoleh nilai *flow* terhadap kadar aspal optimum pada komposisi 96% *filler* abu batu + 4% *filler* limbah karbit sebesar 3,90mm, 97% *filler* abu batu + 3% *filler* limbah karbit sebesar 3,89mm, 98% *filler* abu batu + 2% *filler* limbah karbit sebesar 3,78mm, 99% *filler* abu baru + 1% *filler* limbah karbit sebesar 3,60mm dan 100% abu batu sebesar 3,51mm. Hasil uji *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 1. Hasil Uji Marshall dengan Filler Limbah Karbit

No	Komposisi Variasi	KAO (%)	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (%)
1	100% AB	5,25	15,137	78,156	3,837	1290,081	3,51
2	99%AB+1%LK	5,25	15,280	79,027	3,999	1317,676	3,60
3	98%AB+2%LK	5,25	15,355	78,156	4,084	1359,069	3,78
4	97%AB+3%LK	5,25	14,927	77,706	4,084	1400,462	3,89
5	96%AB+4%LK	5,25	14,593	82,283	3,477	1303,878	4,10

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian karakteristik Marshall pada campuran AC-BC mengenai pengaruh penggunaan filler limbah karbit dengan berbagai komposisi, yaitu 100% abu batu, 99% filler abu baru + 1% limbah karbit, 98% filler abu batu + 2% limbah karbit, 97% filler abu batu + 3% limbah karbit, dan 96% filler abu batu + 4% limbah karbit, dengan kadar aspal optimum 5,25%, hasilnya sesuai dengan standar Spesifikasi Bina Marga 2018, Revisi 2 sebagai berikut:

- a. Hasil pengujian Marshall Test untuk semua campuran komposisi filler telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Revisi 2.
- b. Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, untuk nilai VMA, VFA, Stabilitas, dan Flow terdapat nilai yang memenuhi standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi 2. Nilai Flow untuk kadar limbah karbit 4% mengalami penurunan hingga tidak sesuai dengan standar spesifikasi bina marga 2018, Revisi2.

2. Dari hasil gradasi agregat gabungan campuran AC-BC, diperoleh persentase penggunaan agregat kasar sebesar 16,30%, agregat medium 28,16%, agregat halus (abu batu) 41,54%, pasir 13,97%, serta variasi kadar aspal dengan persentase 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh untuk campuran AC-BC adalah 5,25%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang diusulkan adalah sebagai berikut: zBagi peneliti selanjutnya perlu penelitian yang sama, namun dengan berbagai variasi campuran filler limbah karbit dan Kadar Aspal Optimum.

1. Peneliti selanjutnya dapat mengkaji nilai ekonomis dari penggunaan limbah karbit dalam campuran aspal.
2. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan untuk menggunakan jenis aspal yang berbeda dan agregat yang berbeda.
3. Peralatan yang digunakan dalam laboratorium sebaiknya dalam keadaan baik tanpa ada kerusakan, dan disarankan untuk melakukan kalibrasi secara rutin agar hasil penelitian lebih akurat.
4. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi pedoman dalam merencanakan penggunaan limbah karbit sebagai alternatif pengganti material atau agregat dalam campuran aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bela, A. (2022). *Tugas akhir penambahan limbah las karbit sebagai filler pada campuran lapis tipis aspal beton dengan variasi perendaman*.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018. Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- [3] Guntu, G. S. (2021). *Dampak Substitusi Bahan/Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Filler Terhadap Sifat Dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Lataston*. *Nber Working Papers*, 89.

<http://www.nber.org/papers/w16019>

- [4] Nofriandi, R. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Terhadap Karakteristik Marshall pada Aspal AC-BC. *Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal AC-BC*, 1–93.
- [5] Pratiwi, P. D. (2021). *Alternatif Penggunaan Limbah Karbit Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Hot Rolled Sheet – Base Course*. Mi, 5–24. [http://eprints.unisla.ac.id/242/5/021710040-Putri Devi Pratiwi - bab ii.pdf](http://eprints.unisla.ac.id/242/5/021710040-Putri%20Dewi%20Pratiwi%20-%20bab%20ii.pdf)
- [6] Simamora, B. K. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Lapisan Perkerasan Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). 1–26. <http://repository.uhn.ac.id/bitstream/handle/123456789/5207/BenniKristopelSimamora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>