

Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai Filler Pada Campuran Lapisan Tipis Aspal Beton Degan Variasi Perendaman

Arpan Bela, Abd. Rahim Nurdin, Nurhadijah Yunianti

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail : belaarfan854@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Diterima: 20-02-2023

Direvisi: 16-08-2023

Disetujui: 30-09-2023

Abstract. *To reduce filler limitations, carbide welding waste can be used as a partial replacement for filler. Residual carbide welding overflows as waste. The availability of carbide welding waste in Indonesia is easy to obtain and carbide welding waste is more resistant to temperature changes, so that the road surface layer is able to withstand deformation. The purpose of this study was to analyze the effect of adding carbide welding waste material as a filler to the properties and characteristics of the hot asphalt mixture with variations in immersion and to determine the addition of carbide welding waste that produces maximum stability values for variations in immersion. This study used coarse aggregate (crushed stone 1-2 and crushed stone 0.5-1), fine aggregate (stone ash) and carbide welding waste. Manufacture of test specimens with 20%, 30% and 40% carbide content. Treatment of the test object was carried out by immersion at a temperature of 60o C for 3, 7, and 14 days. The most increasing addition of carbide welding waste and immersion in stability, flow, VIM, VFA and MQ was found in 20% Stability welding waste, namely 1141.54, 3 days of immersion and the lowest was 14 days of immersion 40% 1066.44. The results of the Marshall Test of the variation of the best addition of carbide waste added material, namely 20% with 3 days of immersion. However, the addition of other levels is also still within the specification limits.*

Abstrak. 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 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 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..

Keywords:

Waste; Carbide Welding; Fillers; Thin Layer Mix; Asphalt Concrete; Soaking Variations

Corresponden author:

Email: belaarfan854@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat berpengaruh pada perkembangan sosial dan ekonomi masyarakat. Fungsi utama jalan raya adalah sebagai prasarana melayani pergerakan lalu lintas manusia dan barang secara aman, nyaman, cepat dan ekonomis. Peningkatan jumlah kendaraan yang besar namun tidak diikuti dengan kualitas perkerasan jalan yang baik akan menyebabkan jalan banyak mengalami kerusakan-kerusakan. Penyebab kerusakan jalan antara lain disebabkan karena beban lalu lintas berulang yang berlebihan, panas/suhu udara, hujan, serta mutu produk jalan yang jelek. Kerusakan pada perkerasan jalan akan berdampak buruk pada mobilitas pengguna jalan seperti terjadinya kemacetan, waktu tempuh yang lama, kecelakaan lalu lintas, dan lain-lain

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.

Upaya untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan (aspal) dilakukan salah satunya dengan menambahkan bahan pengisi yang bervariasi guna mendapatkan kualitas aspal yang baik. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan adalah dengan penambahan limbah las karbit sebagai filler pada aspal beton. Bahan pengisi (filler) merupakan bahan fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no.200 terhadap berat total agregat, biasa di gunakan abu batu, abu kapur, fly ash semen dan lain.

Tujuan 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 mengetahui penambahan limbah las karbit yang menghasilkan nilai stabilitas maksimal terhadap variasi perendaman.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar. Jenis penelitian ini yaitu eksperimen di laboratorium berupa pengujian marshall dengan perendaman berulang. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari di Bili-Bili, Kab. Gowa-Sulawesi Selatan dan Limbah Las Karbit diperoleh dari bengkel las.

Pengujian variable penelitiin dilakukan sebagai brikut.

a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

- Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) $= \frac{B_j}{B_j - B_a}$
- Berat jenis semu (*Appernt Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B_k - B_a}$
- Penyerapan (*Absorption*) $= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$

Keterangan:

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (*SSD*)

B_a = Berat benda uji di dalam air

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus:

- Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B + \frac{500}{500} - B_t}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) $= \frac{B_k}{B + 500 - B_t}$
- Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) $= \frac{B_k}{B + B_k - B_t}$
- Penyerapan $= \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$

Keterangan:

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_k = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

BT = Berat piknometer + air + benda uji

c. Hasil Berat Jenis Aspal

Pengujian berat jenis aspal sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Berat Jenis Aspal

URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53,50	54,10
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116,20	118,70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	(B - A)	62,70	64,60
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	90,90	94,30
BERAT ASPAL (gram)	(C - A)	37,40	40,20
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116,70	119,70
BERAT AIR (gram)	(D - C)	25,80	25,40
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1,014	1,026
Rata-rata		1,020	

d. Pengujian **Marshall**

- Stabilitas $= S = p \times q$

Keterangan:

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

- Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima.
- Kerapatan (*density*)
 - $g = c / f$
 - $f = d - e$

Keterangan:
 g = Nilai kepadatan (gr/cc)
 c = Berat kering / sebelum direndam (gr)
 d = Berat benda uji jenuh air (gr)
 e = Berat benda uji dalam air (gr)
 f = Volume benda uji (cc)
- VIM (*Void In The Mix*)
 - $VIM = (100 - i - j)$
 - $b = \frac{a}{100+a} \times 100$
 - $i = \frac{BJ.Agregat}{b \times g}$
 - $j = \frac{(100-b) \times g}{BJ.Agregat}$

Keterangan:
 a = Persentase aspal terhadap batuan
 b = Persentase aspal terhadap campuran
 g = Persen rongga terisi aspal
 i dan j = rumus substitusi
- VFA (*Void Filled With Asphalt*)
 - $VFA = 100 \times \frac{i}{j}$
 - $b = \frac{a}{100+a} \times 100$
 - $i = \frac{BJ.Agregat}{b \times g}$
 - $j = \frac{(100-b) \times g}{BJ.Agregat}$
 - $I = 100 - j$

Keterangan:
 a = Persentase aspal terhadap batuan
 b = Persentase aspal terhadap campuran
 g = Persen rongga terisi aspal
 i dan j = rumus substitusi
- Void in Mineral Aggregate (VMA) dimana Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan yaitu jumlah dan suhu pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal
- Marshall Quotient $= MQ = \frac{S}{F}$
 Keterangan:
 MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
 S = Nilai Stabilitas
 F = Nilai flow

e. Prosedur penelitian dengan alat Marshall

Prosedur pengetesan benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit didalam waterbath. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall. Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu HRS-WC.

f. Prosedur penelitian dengan perendaman berulang

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian melakukan perendaman berulang dengan 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, dilakukan perendaman dengan cara pada hari pertama direndam selama 24 jam dan hari kedua diangkat dan dilap, pada hari ketiga direndam kembali selama 24 jam, dan

diulangi prosedur tersebut sampai 6 hari. Begitu pula dengan perendaman 7 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 14 hari dan perendaman 14 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 28 hari. Kemudian dikeluarkan benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang lalu kemudian tes dengan alat marshall.

g. Rancangan benda uji

Rancangan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Tabel Notasi dan Jumlah Benda Uji Mortar

No	Variasi	HRS + (gram)	Limbah las karbit(%)	Berat Limbah las karbit (gram)	Waktu Perendaman	Jumlah
1	HRS + 0% Limbah Las Karbit	1200.00	0	-	30 m & 2x24 jam	6
2	HRS +20% Limbah Las Karbit	1200.00	20	2.207	3 hari 7 hari 14 hari	9
3	HRS +30% Limbah Las Karbit	1200.00	30	3.31	3 hari 7 hari 14 hari	9
4	HRS +40% Limbah Las Karbit	1200.00	40	4.414	3 hari 7 hari 14 hari	9
Total Sampel						33

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan filler yang digunakan diperoleh dari PT. Semen Tonasa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 2.sampai dengan Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	Mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	46.12	99.71	100.00	100
3/8"	9,5	5.67	73.05	100.00	100
No. 8	2,36	2.80	31.37	94.93	100
No. 30	0,6	2.57	30.22	59.14	100
No.200	0,075	2.07	6.54	8.61	95.16

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	Spesifikasi 2018	-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)				
1. Bulk		2.58		-
2. SSD	SNI 2441:2011	2.65	≥1.0	-
3. Semu		2.77		-
4. Penyerapan		2.71		-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk		2.54		-
2. SSD	SNI 2441:2011	2.61	≥1.0	-
3. Semu		2.74		-
4. Penyerapan		2.87		-

Sumber: Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk		2.48		Gram
2. SSD	SNI 2441:2011	2.54	≥1.0	Gram
3. Semu		2.65		Gram
4. Penyerapan		2.53		Gram

Sumber: Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 5.sebagai berikut :

Tabel 5. Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	79	-	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	-	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	-	Mm
5	Tittik Nyala dan Titik Bakar	SNi -06-2433-1991	200	-	-	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	-	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	-	°C

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Material	Berat Jenis Bulk	Berat Jenis Semu	Berat Jenis Efektif
	A	B	$c = \frac{(a + b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2.58	2.77	2.67
Batu Pecah 0,5 – 1	2.54	2.74	2.64
Abu batu	2.48	2.65	2.57
Filler		3.14	
Aspal		1.020	

Sumber: Hasil Analisa, 2022

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, diperoleh berat jenis gabungan agregat yaitu :

- Bj. Bulk Agregat (G_{sb}) = $\frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,58}\right) + \left(\frac{38\%}{2,54}\right) + \left(\frac{51\%}{2,48}\right) + \left(\frac{1\%}{3,14}\right)}$ = 2.54 gram
- Bj. Semu Agregat (G_{sa}) = $\frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,77}\right) + \left(\frac{38\%}{2,74}\right) + \left(\frac{51\%}{2,65}\right) + \left(\frac{1\%}{3,14}\right)}$ = 2.70 gram
- Bj. Efektif Agregat (G_{se}) = $\frac{2.54 + 2.70}{2}$ = 2.63 gram

- Komposisi Campuran

Komposisi HRS dengan variasi limbah las karbit, 20% dari perbandingan kadar aspal pada perendaman berulang, 3 hari, 7 hari dan 14 hari.

- Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall

Tujuan pengujian Marshall yaitu untuk mengetahui karakteristi HRS dengan kadar aspal dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut,

Tabel 7. Resume Hasil Uji Karakteristik Campuran HRS Marshall Sisa dengan Perendaman Selama 30 Menit dan 2x24 Jam

No	Pemeriksaan	Kadar Aspal 8,05%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 Menit	2 x 24 Jam	
1	Kepadatan	2,20	2,21	-
2	Stabilitas (Kg)	1196,97	1126,0	Min 600
3	FLOW (mm)	3,40	3,68	Min 2-4
4	VMA (%)	20,38	19,87	Min 18
5	VIM (%)	5,83	5,23	Min 4-10
6	VFB (%)	71,38	73,86	Min 60
7	MQ (Kg/mm)	354,9	306,5	Min 250
8	Stabilitas Sisa (%)		94,07	Min 60

Sumber: Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

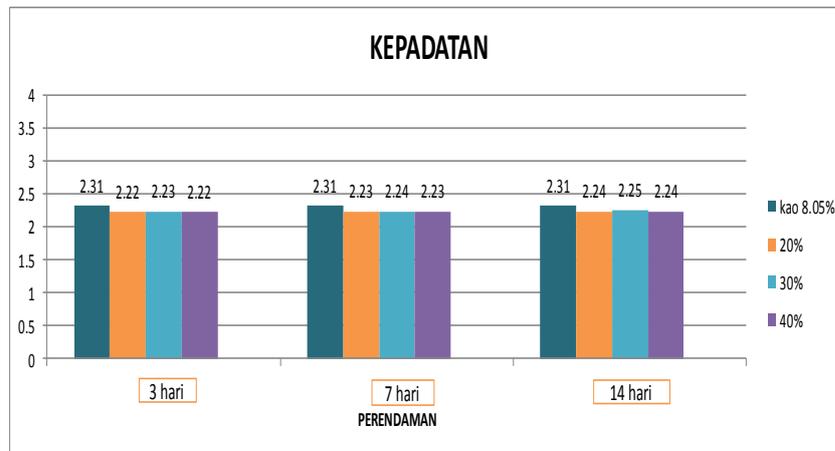
Hasil Pengujian Dengan Limbah Las Karbit Pada Campuran Beraspal Panas Asbuton Dihampar Dingin (HRS)

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall dengan menggunakan perendaman waterbath selama 30 menit akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall dan hasil uji marshall tersebut sebagai berikut:

- a. Kepadatan (density)

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* (kepadatan) tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* (kepadatan) yang rendah. Nilai *density* (kepadatan) suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu

campuran akan memiliki *density* (kepadatan) yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai *density* (kepadatan) campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (HRS) dengan penambahan limbah las karbit.

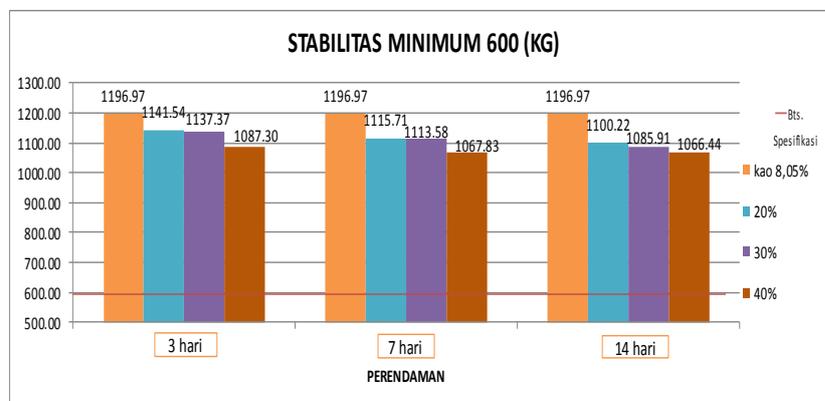


Gambar 1. Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap Kepadatan

Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan variasi limbah las karbit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai kepadatan menurun. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka daya lekat terhadap agregat semakin menurun.

b. Stabilitas Minimum 500 Kg

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi limbah las karbit.

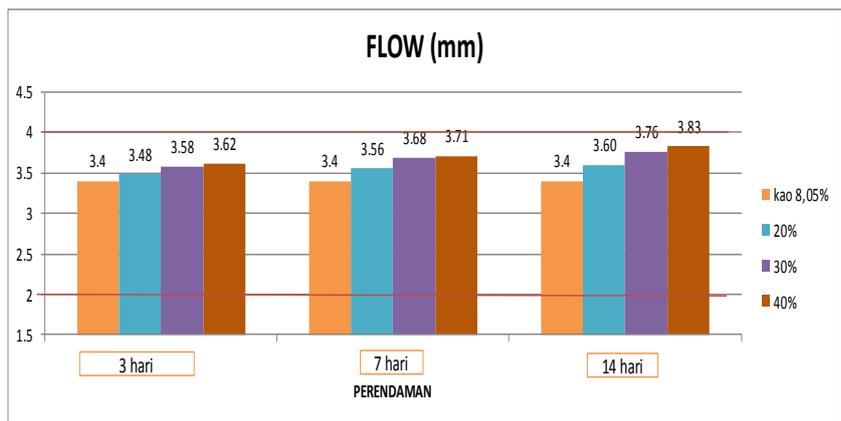


Gambar 2 Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap Stabilitas

Gambar 2 menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman Nilai stabilitas mengalami penurunan. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (Flow)

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya. Grafik nilai *Flow* campuran (HRS) variasi penambahan limbah las karbit.



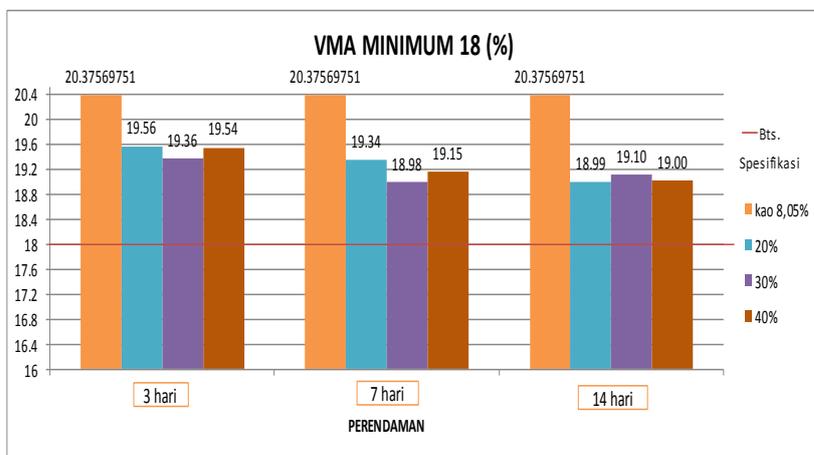
Gambar 3. Diagram hubungan variasi penambahan Styrofoam terhadap Flow.

Gambar 3 menunjukkan bahwa variasi perendaman menyebabkan nilai *Flow* meningkat. Semakin lama perendaman air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

Void In Mineral Aggregates (VMA) menunjukkan prosentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga yang terisi aspal efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain adalah jumlah tumbukan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA berpengaruh pada sifat, kedapatan dan keawetan campuran terhadap air dan udara bebas serta kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi.

Grafik nilai VMA campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (HRS) variasi penambahan limbah las karbit.



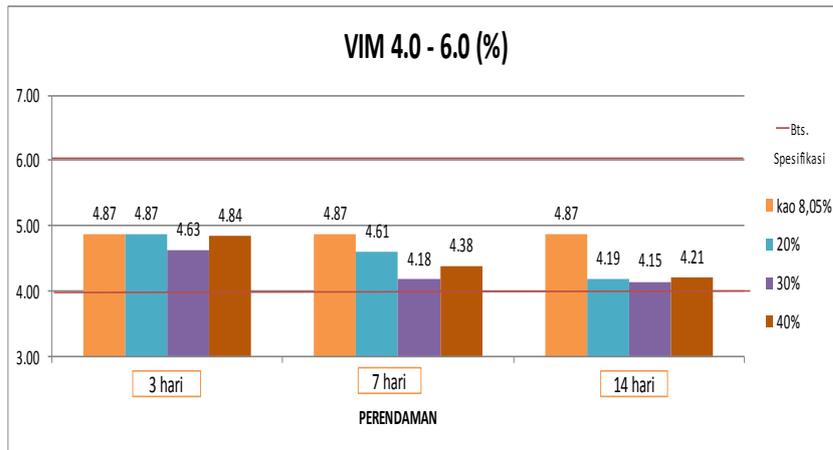
Gambar 4. Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap VMA.

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin lama variasi perendaman keseluruhan benda uji mengalami penurunan nilai VMA hal ini disebabkan karena, butiran material akan sulit merapat dikarenakan viskositas aspal yang semakin rendah. Dan penambahan proporsi kadar limbah las karbit pada campuran benda uji HRS juga menyebabkan rongga dalam campuran terisi merata sehingga ikatan antar agregat semakin tidak kuat, yang mana menyebabkan nilai VMA meningkat. Nilai VMA yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa rongga udara antar mineral agregat besar, hal ini akan menyebabkan perkerasan jalan menjadi tidak tahan lama nantinya. Persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga untuk nilai VMA adalah minimum 18%. Untuk keseluruhan benda uji yang ada, nilai VMA yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4% – 10%

VIM (*void in mixture*) merupakan persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai

VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai VIM campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (HRS) untuk berbagai variasi limbah las karbit.

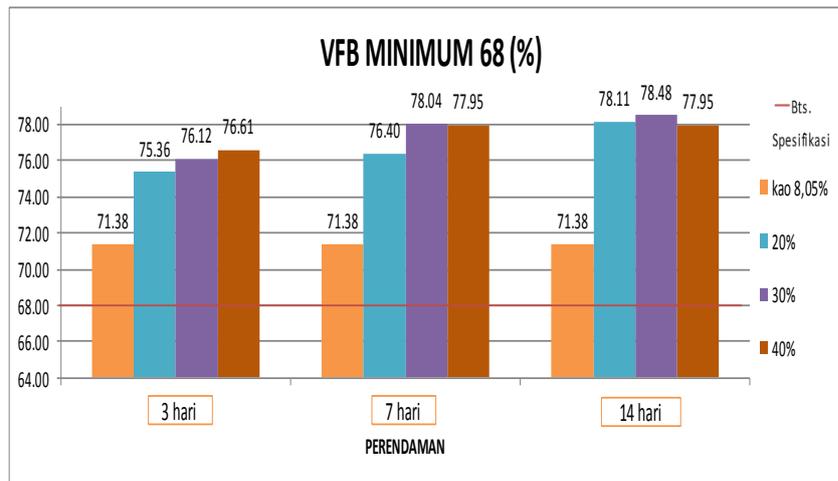


Gambar 5. Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap VIM.

Gambar 5 menunjukkan bahwa keseluruhan benda uji mengalami peningkatan nilai VIM pada penambahan limbah las karbit campuran HRS menyebabkan rongga dalam campuran terisi merata sehingga ikatan antar agregat semakin kuat, yang mana menyebabkan nilai VIM menurun. Hal ini menandakan bahwa rongga yang ada di dalam campuran berkurang karena terisi oleh aspal, sehingga butiran material menjadi rapat pada saat dipadatkan, seiring dengan kenaikan suhu pemadatan.

f. Rongga Terisi Aspal (VF)

Nilai VFB menyatakan persentase rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFB menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai VFB yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kedekatan campuran akan meningkat.

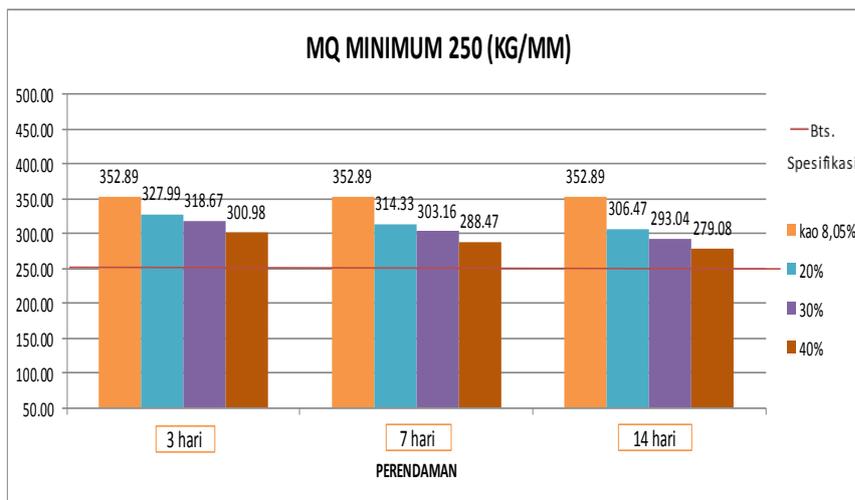


Gambar 6. Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap VFB.

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa bahwa nilai VFB pada keseluruhan benda uji mengalami peningkatan.

g. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan.



Gambar 7. Diagram Hubungan Variasi Penambahan Limbah Las Karbit Terhadap MQ.

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan limbah las karbit perendaman berulang menurunkan nilai Marshall Quotient dari campuran HRS. Hal ini menunjukkan bahwa sifat campuran tidak mudah getas, sehingga nilai Marshall Quotient menurun. Nilai Marshall Quotient sangat dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa limbah limbah las karbit dapat menyebabkan nilai kepadatan, stabilitas, VMA, VIM dan MQ menurun. Sedangkan nilai flow, dan VFB meningkat. Besar volume limbah las karbit yang dapat memberikan nilai stabilitas maksimal yaitu pada limbah las karbit 20%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1991, SNI 06-2489-1991, "metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall," badan standar nasional Jakarta.
- Anonim, 2006, "pedoman penuntun dan tata cara penulisan tugas akhir," JST FT Universitas Bosowa Makassar
- Anonim, 2014. Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan Raya. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
- Anonim, 2014. Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal. Jurusan Sipil Fakultas Teknik "45" Makassar.
- BALITBANG-PU dan Direktorat Jendral Bina Marga. 2007. Modul, Training of trainer (TOT). Jakarta.
- Depertemen pekerjaan umum, "pedoman perencanaan campuran beraspal," No 76/KPTS/Db/1999, pedoman teknik, Desember 1999.
- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. Petunjuk pelaksanaan lapisan aspal beton untuk jalan raya kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum devisi 6 perkerasan aspal, kementerian umum dan perumahan rakyat. Jakarta. Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta
- Nurdin Rahim. "manual perkerasan campuran beraspal panas"
- Nurdin Rahim, bahan ajar perkerasan jalan raya, jurusan sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa
- Silvia sukman, perkerasan lentur jalan raya, nova, bandung, 1999.
- Silvian sukman, 2012. Beton aspal campuran panas. Institute teknologi bandung.
- Sitanggan, Yasinta, Lisna. 2010. Pengaruh Penggunaan limbah las karbit Sebagai pengisi (filler) Bahan tambah terhadap karakteristik Beton aspal. Yogyakarta, Universitas Jaya Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung, Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana : Bandung.