

Pengaruh Aspal Campuran Limbah Ban Karet Terhadap Karakteristik *Marshall*

Boby Setia Gunawan¹, Nuryasin Abdillah², Halimatusadiyah³

¹Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

Email : bobysetiagunawan1@gmail.com

ABSTRAK

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya. Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, atau dengan peningkatan mutu aspal dalam campuran dengan menambahkan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal. Pengolahan limbah yang belakangan ini menjadi topik yang menarik, kembali diangkat melalui ide pemanfaatan limbah. Salah satu penggunaan material limbah yang dapat digunakan adalah limbah ban karet dapat dijadikan sebagai alternatif bahan campuran tambahan dalam pembuatan aspal AC-WC. Tujuan dari tugas akhir ini untuk mengetahui pengaruh bahan tambah limbah ban karet dan yang tidak menggunakan bahan tambah limbah ban karet terhadap karakteristik *Marshall* AC-WC dan mengetahui pengaruh dari persentase bahan tambah limbah ban karet yaitu sebesar 10%, 20% dan 30% pada campuran lapis aspal beton (laston) AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) terhadap karakteristik *Marshall*. Dari hasil penelitian pengaruh aspal campuran limbah ban karet sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal AC-WC, pada kadar 10% penambahan limbah karet ban karet dapat berpotensi untuk digunakan perkerasan jalan, sedangkan pada kadar 20% dan 30% penambahan limbah ban karet terjadi penurunan nilai stabilitas yang melewati ketentuan yang telah disyaratkan dan menyebabkan *flow* semakin tinggi.

Kata kunci: Aspal (AC-WC), Limbah Karet Ban, Karakteristik *Marshall*

ABSTRACT

Asphalt is one of the materials used for road construction. To reduce the amount of need for asphalt, namely by minimizing the use of asphalt base materials, or by increasing the quality of asphalt in the mixture by adding additional ingredients in the mixture that can overcome the weaknesses of asphalt. Waste management, which has recently become an interesting topic, has been brought up again through the idea of utilizing waste. One of the uses of waste materials that can be used is waste rubber tires that can be used as an alternative to additional mixtures in the manufacture of AC-WC asphalt. The purpose of this final project is to determine the effect of added rubber tire waste materials and those that do not use rubber tire waste added materials to the Marshall AC-WC characteristics and to determine the effect of the percentage of rubber tire waste added materials that are 10%, 20% and 30% in the mixture. AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) asphalt concrete layer against Marshall characteristics. From the results of the research on the effect of asphalt mixture of waste rubber tires as an additive in the asphalt mixture AC-WC, at a level of 10%, the addition of waste rubber tires can potentially be used for road pavement, while at levels of 20% and 30% the addition of waste rubber tires decreases the value. the stability that passes the required conditions and causes higher flow

Keywords: Asphalt (AC-WC), Waste Rubber Tires, Marshall Characteristics

Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu pendukung dalam perkembangan negara Indonesia. Penyediaan sarana dan prasarana transportasi darat dalam hal ini adalah jalan raya yang sangat dibutuhkan untuk menunjang kemajuan suatu negara. Jalan memegang peranan penting dalam kehidupan, oleh karena itu pembangunan dan pemeliharannya harus benar-benar diperhatikan. Pada kenyataannya banyak ditemui jalan-jalan yang kurang memenuhi syarat atau kualitas aspal yang rendah, sehingga mudah rusak karena kurang mampu menahan beban, cuaca, dan lain-lain.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang pesat ini mengakibatkan kebutuhan akan ban kendaraan menjadi semakin meningkat. Secara berkala ban-ban kendaraan ini akan diganti dengan yang baru karena sudah tidak layak pakai dan limbah ban bekas pun menjadi bertambah setiap tahunnya. Masalah ini menjadi semakin besar karena ban tidak dapat terurai dengan mudah apabila hanya dibiarkan begitu saja. Memahami pentingnya pengolahan limbah ban bekas secara lebih lanjut, penelitian ini akan dilanjutkan pada karakteristik salah satu jenis campuran aspal, dimana limbah karet ban akan digunakan sebagai bahan tambah pada campuran aspal.

Sifat-sifat karet sendiri adalah kuat, dan lentur atau elastis. Sisa-sisa ban bekas kendaraan ini bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk campuran Laston, diharapkan dengan menambahkan campuran limbah karet ban dalam untuk konstruksi perkerasan jalan pada campuran aspal dapat memberikan banyak keuntungan, diantaranya permukaan perkerasan menjadi lebih tahan lama, tahan terhadap retakan akibat lendutan yang berlebihan, oleh karena itu penulis melakukan penelitian campuran aspal menggunakan bahan limbah ban karet.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eskperiment laboratorium, yaitu metode yang dilakukan dengan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan data. Kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh dari bahan tambah limbah karet ban karet terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian *Marshall*.

Penelitian ini dibuat benda uji sesuai dengan kadar limbah ban karet yaitu sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% dengan masing masing lima buah benda uji.

Rancangan campuran untuk analisa perhitungan komposisi campuran material agregat dari tiap nomor saringan, sehingga didapat komposisi campuran agregat yang diharapkan. Pemilihan gradasi agregat campuran sangat penting sekali bagi kinerja perkerasan jalan. Untuk itu dalam pemilihan gradasi agregat campuran ini harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan

Pencampuran dilakukan secara manual sesuai prosedur metode *Marshall*. Dengan cetakan (mold) berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm. Pematatan dilakukan dengan tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan menggunakan alat Manual *Marshall Compactor*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina. Penulis mengambil data spesifikasi yang telah dikeluarkan oleh PT. Pertamina. berikut spesifikasi aspal Pen 60/70 PT. Pertamina dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Penetrasi 60/70 Pertamina

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis	1,0
2	Penetrasi (mm)	60-70
3	Daktilitas (cm)	100
4	Titik Nyala (°C)	200
5	Titik Lembek (°C)	58
6	Kehilangan Berat Aspal	0,4%

Dilihat secara umum aspal yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi sebagai aspal yang baik untuk digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran seperti yang telah ditentukan.

Hasil Pengujian Agregat Kasar & Halus

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah split Tanjung Balai sementara agregat halus adalah Pasir Bangkinang. Sebelum digunakan, agregat harus diuji untuk memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Berikut adalah data hasil pengujian terhadap agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi		Hasil Pengujian
		Min	Max	
1	Agregat Kasar			
a	Berat Jenis Curah <i>Bulk Specific Gravity</i>	2,5	-	2,31
b	Berat Jenis Kering Permukaan <i>Saturated Surface Dry</i>	-	-	2,32
c	Berat Jenis Semu <i>Apparent Specific Gravity</i>	-	-	2,34
d	Penyerapan <i>Absorption</i>	-	3 %	0,40
e	Keausan Agregat/Abrasi		40 %	15,5 %
2	Agregat Halus			
a	Berat Jenis Curah <i>Bulk Specific Gravity</i>	2,5	-	2,58
b	Berat Jenis Kering Permukaan	-	-	2,63

<i>Saturated Surface Dry</i>				
c	Berat Jenis Semu	-	-	2,72
	<i>Apparent Specific Gravity</i>			
d	Penyerapan	-	3%	2,04
	<i>Absorption</i>			

Setelah dilakukan pengujian terhadap agregat kasar dan agregat halus yang dimana hasilnya memenuhi spesifikasi Bina Marga maka agregat yang telah di uji dapat digunakan.

Perencanaan Campuran

Dalam perencanaan untuk pembuatan satu buah benda uji *Marshall*, peneliti menggunakan gradasi campuran yang berpatokan pada spesifikasi AC-WC Bina Marga Revisi 3 tahun 2010, dimana proporsi campuran dapat dilihat pada tabel dibawahini dan untuk perhitungan rancangan kadar aspal yang akan digunakan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ filler}) + \text{Konstanta} & (1) \\
 &= 0,035 (59,52) + 0,045 (32,42) + 0,18 (8,06) + 0,75 \\
 &= 2,08 + 1,46 + 1,45 + 0,75 \\
 &= 5,74 \text{ atau } 5,75
 \end{aligned}$$

1. Job Mix Formula (JMF) Campuran Normal

Pada campuran aspal ini tidak ditambahkan serbuk limbah ban karet yang dimana pada campuran aspal normal ini akan digunakan sebagai perbandingan karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet kadar 10%, 20% dan 30%. Berikut hasil pengujian *Job Mix Formula* (JMF) campuran normal pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *Job Mix Formula* (JMF) campuran normal

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total Gram
	ASTM	No	Gradasi	Target	% Tertahan	Gram	
	(mm)	Saringan					
Agregat Kasar (CA)	19	3/4"	100	100			
	12.5	1/2"	90-100	95	5	60	
	9.5	3/8"	77-90	83,5	11,5	138	684
	4.75	No.4	53-69	61	22,5	270	
Agregat Halus (FA)	2.36	No.8	33-53	43	18	216	
	1.18	No.16	21-40	30,5	12,5	150	
	0.6	No.30	14-30	22	8,5	102	
	0.3	No.50	9-22	15,5	6,5	78	438
	0.15	No.100	6-15	10,5	5,0	60	
	0.075	No.200	4-9	6,5	4,0	48	
Filler	Total				6,5	78	78
					100	1200	1200

2. JMF Dengan Bahan Tambah Karet Ban 10%

Pada campuran ini ditambahkan serbuk limbah ban karet sebesar 10 % dari total berat aspal yang digunakan dalam 1 sampel. Berikut hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 10% pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 10%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total Gram
	ASTM	No	Gradasi	Target	% Tertahan	Gram	
	(mm)	Saringan					
Agregat Kasar (CA)	19	3/4"	100	100			680
	12.5	1/2"	90-100	95	5,00	59,66	
	9.5	3/8"	77-90	83,5	11,50	137,21	
	4.75	No.4	53-69	61	22,50	268,45	
Agregat Halus (FA)	2.36	No.8	33-53	43	18,00	214,76	435
	1.18	No.16	21-40	30,5	12,50	149,14	
	0.6	No.30	14-30	22	8,50	101,41	
	0.3	No.50	9-22	15,5	6,50	77,55	
	0.15	No.100	6-15	10,5	5,00	59,66	
	0.075	No 200	4-9	6,5	4,00	47,72	
Filler	Total				6,50	77,55	78
					100	1193	1193

3. JMF Dengan Bahan Tambah Karet Ban 20%

Pada campuran ini ditambahkan serbuk limbah ban karet sebesar 20 % dari total berat aspal yang digunakan dalam 1 sampel. Berikut hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 20% pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 20%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total Gram
	ASTM	No	Gradasi	Target	% Tertahan	Gram	
	(mm)	Saringan					
Agregat Kasar (CA)	19	3/4"	100	100			676
	12.5	1/2"	90-100	95	5	59,31	
	9.5	3/8"	77-90	83,5	11,5	136,41	
	4.75	No.4	53-69	61	22,5	266,90	
Agregat Halus (FA)	2.36	No.8	33-53	43	18	213,52	433
	1.18	No.16	21-40	30,5	12,5	148,28	
	0.6	No.30	14-30	22	8,5	100,83	
	0.3	No.50	9-22	15,5	6,5	77,10	
	0.15	No.100	6-15	10,5	5,0	59,31	
	0.075	No.200	4-9	6,5	4,0	47,45	
Filler	Total				6,5	77,10	77
					100	1186	1186

4. JMF Dengan Bahan Tambah Karet Ban 30%

Pada campuran ini ditambahkan serbuk limbah ban karet sebesar 30 % dari total berat aspal yang digunakan dalam 1 sampel. Berikut hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 30% pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian JMF dengan bahan tambah karet ban 30%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total
	ASTM (mm)	No Saringan	Gradasi	Target	% Tertahan	Gram	
Agregat Kasar (CA)	19	3/4"	100	100			
	12.5	1/2"	90-100	95	5	58,97	672
	9.5	3/8"	77-90	83,5	11,5	135,62	
	4.75	No.4	53-69	61	22,5	265,34	
2.36	No.8	33-53	43	18	212,27		
Agregat Halus (FA)	1.18	No.16	21-40	30,5	12,5	147,41	430
	0.6	No.30	14-30	22	8,5	100,24	
	0.3	No.50	9-22	15,5	6,5	76,65	
	0.15	No.100	6-15	10,5	5,0	58,97	
	0.075	No.200	4-9	6,5	4,0	47,17	
Filler	Total				6,5	76,65	77
					100	1179	1179

5. Analisis Data Hasil Pengujian Marshall

Dari masing – masing komposisi campuran dipersiapkan lima buah benda uji untuk dilakukan tes *Marshall* dengan kadar aspal 5,75%, lalu dicampurkan kedalam campuran aspal normal dan dengan variasi kadar serbuk limbah ban karet sebesar 10%, 20%, dan 30%. Setelah benda uji *Marshall* di padatkan dan di dinginkan maka dilakukan pengukuran dan penimbangan benda uji, hasil pengukuran dan penimbangan benda uji *Marshall* dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini pengukuran dan penimbangan benda uji.

Tabel 6. Hasil pengukuran dan penimbangan benda uji *Marshall*

No Sampel	Jenis Sampel	Ukuran Benda Uji (mm)		Berat Benda Uji (Gram)		
		Diameter	Tinggi	Kering	SSD	Dalam Air
1	Normal	101,2	68,1	1277	1280	735
2	Normal	100,9	67,1	1242	1246	710
3	Normal	101	66,2	1231	1235	710
4	Normal	100,8	68,5	1275	1290	735
5	Normal	100,2	68,5	1295	1296	750
1	Karet 10%	101,5	68,9	1273	1278	735
2	Karet 10%	100,2	68,6	1266	1272	735
3	Karet 10%	101,4	68,2	1270	1275	735
4	Karet 10%	101,2	67,5	1233	1239	705
5	Karet 10%	101,5	69,8	1290	1294	740
1	Karet 20%	102	67,2	1250	1254	715
2	Karet 20%	102	65,4	1224	1225	705

3	Karet 20%	101,8	64,8	1225	1227	705
4	Karet 20%	101,4	68,2	1254	1256	705
5	Karet 20%	102	66,1	1239	1241	705
1	Karet 30%	102,2	66,6	1235	1237	710
2	Karet 30%	101,1	69,9	1269	1276	720
3	Karet 30%	101,7	64,6	1223	1224	710
4	Karet 30%	101,3	65,9	1234	1237	710
5	Karet 30%	102,5	65,8	1228	1232	710

Perhitungan benda uji *Marshall* meliputi volume benda uji, kepadatan benda uji, VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*. Hasil benda uji *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10 untuk pengujian normal, 10%, 20%, dan 30% dibawah ini :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{BJ \text{ Bulk Agregat}} \quad (2)$$

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{BJ \text{ maksimum campuran}} \quad (3)$$

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad (4)$$

$$\text{Stabilitas} = P \times 101,97 \quad (5)$$

Tabel 7. Sampel tanpa bahan tambah (Normal)

Sampel tanpa bahan tambah (Normal)								
No Sampel	VMA %	VIM %	VFA %	Stabilitas kN	Konversi kN ke Kg	Hasil Kg	Flow mm	MQ Kg/mm
1	16,76	3,28	80,40	20,20	101,97	2.060	1,89	1.090
2	17,68	4,36	75,37	7,89	101,97	805	4,02	200
3	16,70	3,22	80,74	16,51	101,97	1.684	2,85	591
4	18,38	5,18	71,85	11,90	101,97	1.213	3,59	338
5	15,74	2,10	86,66	16,40	101,97	1.672	2,84	589
Rata-rata	17,05	3,63	79,00	14,58	101,97	1.487	3,04	562

Tabel 8. Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 10 %

Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 10 %								
No Sampel	VMA %	VIM %	VFA %	Stabilitas kN	Konversi kN ke Kg	Hasil Kg	Flow mm	MQ Kg/mm
1	16,71	3,23	80,66	23,15	101,97	2.361	3,56	663
2	16,24	2,69	83,45	38,50	101,97	3.926	3,01	1.304
3	16,45	2,92	82,23	19,92	101,97	2.031	5,34	380
4	17,97	4,69	73,89	14,12	101,97	1.440	3,35	430
5	17,28	3,89	77,50	19,23	101,97	1.961	4,39	447
Rata-rata	16,93	3,48	79,55	22,98	101,97	2.344	3,93	645

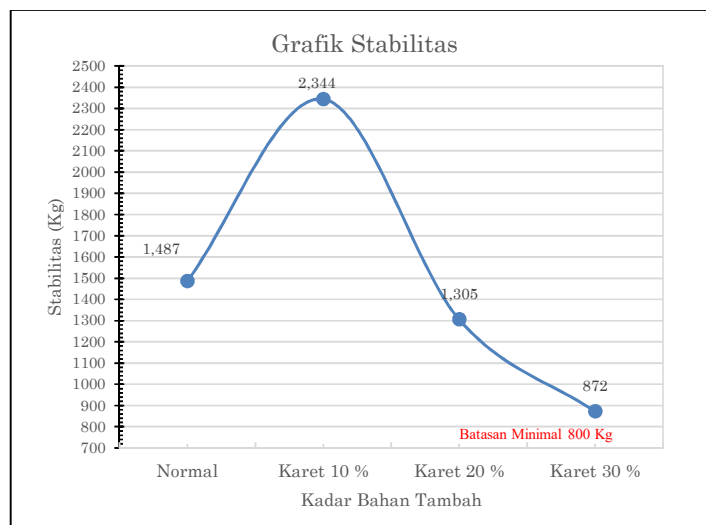
Tabel 9. Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 20 %

Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 20 %								
No Sampel	VMA %	VIM %	VFA %	Stabilitas kN	Konversi kN ke Kg	Hasil Kg	Flow mm	MQ Kg/mm
1	17,61	4,27	75,73	12,64	101,97	1.289	7,65	168
2	16,38	2,84	82,65	13,10	101,97	1.336	7,19	186
3	16,63	3,13	81,15	11,49	101,97	1.172	5,57	210
4	19,15	6,06	68,35	15,03	101,97	1.533	5,47	280
5	17,88	4,59	74,35	11,75	101,97	1.198	6,49	185
Rata-rata	17,53	4,18	76,44	12,80	101,97	1.305	6,47	206

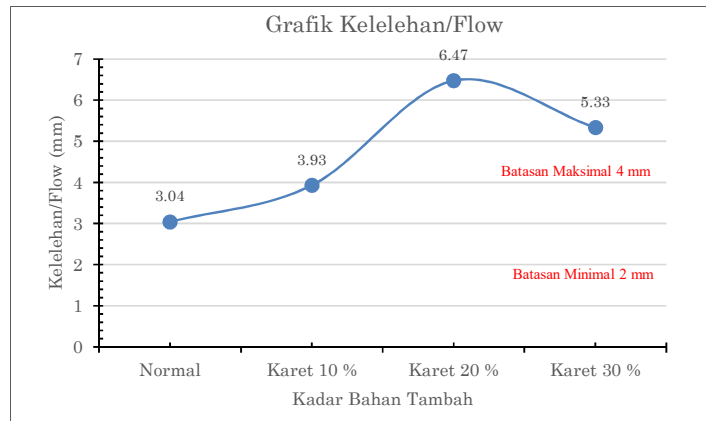
Tabel 10. Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 30 %

Sampel dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet 30 %								
No Sampel	VMA %	VIM %	VFA %	Stabilitas kN	Konversi kN ke Kg	Hasil Kg	Flow mm	MQ Kg/mm
1	16,74	3,27	80,47	7,41	101,97	756	5,66	133
2	18,91	5,79	69,38	9,73	101,97	992	4,40	225
3	15,47	1,79	88,45	9,62	101,97	981	6,45	152
4	16,81	3,35	80,08	7,42	101,97	757	4,81	157
5	16,42	2,90	82,36	8,57	101,97	874	5,35	163
Rata-rata	16,87	3,42	80,15	8,55	101,97	872	5,33	166

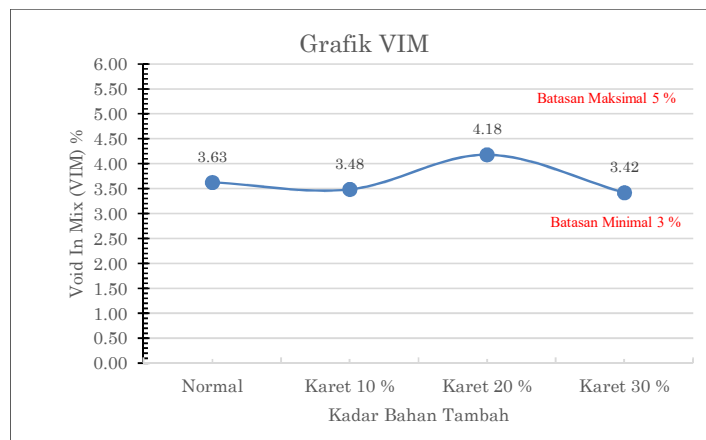
Adapun grafik dari hasil pengujian stabilitas, uji kelelahan/flow, pengujian VIM, pengujian VMA, pengujian VFA, dan pengujian benda uji MQ dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 6 berikut ini :



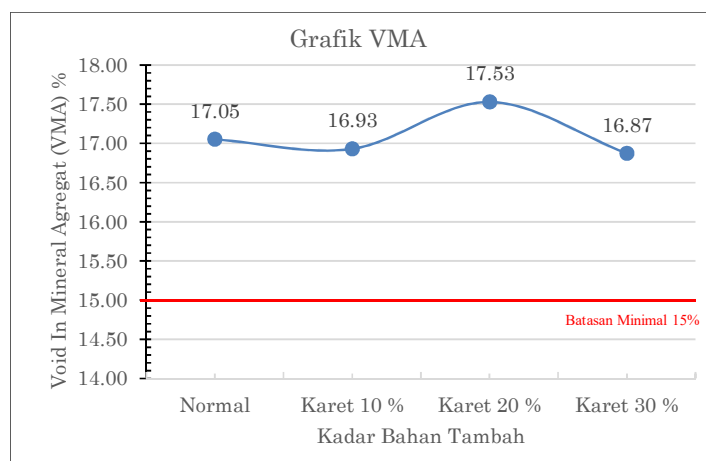
Gambar 1. Grafik stabilitas



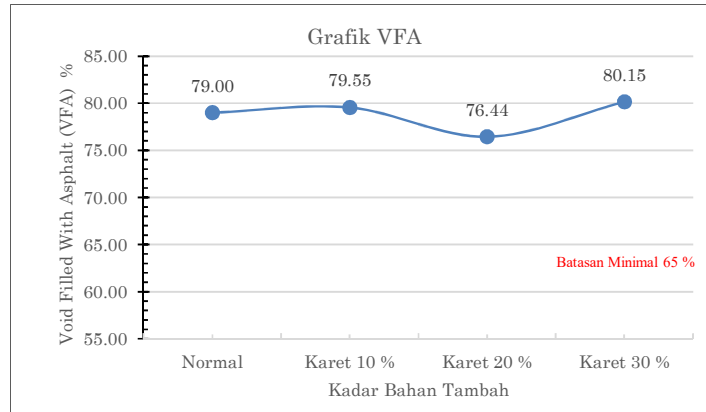
Gambar 2. Grafik kelelehan



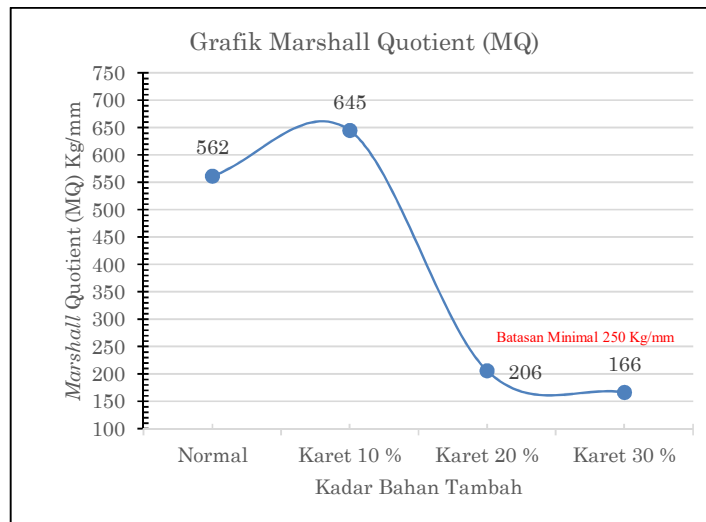
Gambar 3. Grafik VIM



Gambar 4. Grafik VMA



Gambar 5. Grafik VFA



Gambar 6. Grafik MQ

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa penggunaan serbuk limbah ban karet sebagai campuran beraspal dengan kadar 20 % dan 30 % menurunkan nilai stabilitas aspal dan menyebabkan nilai flow semakin tinggi serta nilai MQ yang melebihi batas minimal yang telah ditentukan, sedangkan pada campuran beraspal dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet dengan kadar 10% adalah campuran terbaik dengan nilai stabilitas meningkat dan nilai flow cenderung stabil serta nilai MQ meningkat, pada campuran beraspal normal tidak lebih baik dari campuran dengan bahan tambah karet ban 10% dikarenakan nilai stabilitas dan MQ yang rendah.

Simpulan

Penggunaan serbuk limbah ban karet sebagai campuran beraspal dengan kadar 20 % dan 30 % menurunkan nilai stabilitas aspal dan menyebabkan nilai *flow* semakin tinggi serta nilai MQ yang melebihi batas minimal yang telah ditentukan, sedangkan pada campuran beraspal dengan bahan tambah serbuk limbah ban karet dengan kadar 10 % adalah campuran terbaik dengan nilai stabilitas meningkat dan nilai *flow* cenderung stabil serta nilai MQ meningkat. Dari hasil penelitian pengaruh

aspal campuran limbah ban karet sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal AC-WC, pada kadar 10% penambahan limbah karet ban karet dapat berpotensi untuk digunakan perkerasan jalan, sedangkan pada kadar 20% dan 30% penambahan limbah ban karet terjadi penurunan nilai stabilitas yang melewati ketentuan yang telah disyaratkan dan menyebabkan *flow* semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- [BSN]. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–17.
- Pusjata - Balitbang PU. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Airagregat Kasar. *Sni 03-1969-1990*, 2–5.
- Puslitbang Teknologi Prasaranan Jalan Bandung Departemen Pemukiman dan Pengembangan Wilayah. (2003). Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat *Marshall*. *Pustran-Balitbang PU*, 1–18.
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2010). Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 01, Issue 01).
- Soehartono, (2014). *Teknologi aspal dan penggunaannya dalam konstruksi perkerasan jalan*. Andi Yogyakarta.
- Sutoyo, (2020). *Perancangan campuran beraspal*. Deepublish Yogyakarta.
- Suroso, T. W. (2007). Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal Dengan Karet Alam Dan Karet Sintetis. *Jurnal Jalan-Jembatan, Vol 24 No 1 (2007)*, 12. <http://jurnal.pusjatan.pu.go.id/index.php/jurnaljalanjembatan/article/view/337>.
- _,Pertamina Asphalt Product Specification, online di <https://www.pertamina.com/Media/Upload/Files/Bitumen.pdf> diakses pada tanggal 04 april 2021