

## **Pengaruh Campuran Aspal dengan Bahan Tambah Lateks Cair 60% dan Filler Serbuk Kaca Terhadap Karakteristik *Marshall***

Andre Riswanda Putra<sup>1</sup>, Aidil Abrar<sup>2</sup>, Nuryasin Abdillah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

Email : [delightless@gmail.com](mailto:delightless@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Modifikasi Aspal merupakan usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal dengan menambahkan bahan aditif untuk memodifikasi sifat fisik dan sifat kimia aspal. Bahan tambah untuk aspal dapat bervariasi dan bisa meningkatkan kualitas aspal untuk pembuatan infrastruktur jalan. Bahan aditif yang di coba sebagai campuran aspal adalah Lateks cair yang merupakan karet alam hasil getah dari pohon karet, dan termasuk dalam kategori polimer yang dapat meningkatkan mutu aspal. Pada penelitian ini digunakan Lateks cair dengan 60% kadar karet kering yang memiliki mutu yang seragam. Penelitian ini menggunakan delapan belas jenis sampel penambahan Lateks cair 60% pada aspal beton dengan campuran 10%, 15%, dan 20%, serta enam sampel normal tanpa bahan tambah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan Lateks cair 60% dan penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti filler pada campuran aspal yang ditinjau dari karakteristik marshall. pada metode pengujian marshall ada perencanaan komposisi agregat dan beberapa pengujian yaitu analisa gradasi butir agregat, perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat, pemeriksaan keausan agregat dengan mesin los angeles, dan pengujian *Marshall*. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah didapat peningkatan karakteristik *Marshall* yaitu pada nilai stabilitas pada campuran 10% dengan nilai stabilitas 1655kg, dan nilai VFA yang lebih besar dengan seiring bertambahnya kadar karet yang di campurkan, serta meningkatnya nilai *flow* campuran saat memakai filler serbuk kaca dengan nilai 4,24 mm. Berdasarkan hasil pengujian, campuran modifikasi yang memenuhi karakteristik marshall bina marga 2010 dan memiliki nilai stabilitas tertinggi adalah campuran dengan komposisi 10% Lateks cair.

**Kata kunci:** Aspal beton AC-WC, Karakteristik Marshall, Lateks Cair 60%, Stabilitas, Serbuk kaca

### **ABSTRACT**

*Asphalt modification is an effort that can be done to improve the quality of asphalt by adding additives to modify the physical and chemical properties of asphalt. Additives for asphalt can vary and can improve the quality of asphalt for road infrastructure. The additive that is being tried as a mixture of asphalt is liquid latex which is natural rubber produced from the sap of rubber trees and is included in the category of polymers that can improve the quality of asphalt. In this study, liquid latex with 60% dry rubber content was used which had uniform quality. This study used eighteen types of samples adding 60% liquid latex to asphalt concrete with a mixture of 10%, 15%, and 20%, as well as six normal samples without additives. This research was conducted to determine the effect of adding 60% liquid latex and the use of glass powder as a substitute for filler in asphalt mixtures in terms of marshall*

*characteristics. In the Marshall test method, there is an aggregate composition planning and several tests, namely the analysis of aggregate grain gradation, calculation of specific gravity and water absorption of aggregates, an inspection of aggregate wear with the Los Angeles machine, and Marshall testing. The results obtained from this test are an increase in marshall characteristics, namely the stability value in the 10% mixture with a stability value of 1655kg, and a greater VFA value with increasing rubber content in the mixture, as well as an increase in the flow value of the mixture when using a glass powder filler with value 4.24 mm. Based on the test results, the modified mixture that meets the characteristics of Marshall Bina Marga 2010 and has the highest stability value is a mixture with a composition of 10% liquid latex.*

**Keywords:** *Asphalt concrete AC-WC, Marshall Characteristic, 60% Liquid Latex, Stability, Glass Powder*

## Pendahuluan

Jalur darat merupakan jalur yang paling banyak dilalui dan digunakan oleh manusia, terutama jalan. Infrastruktur jalan sudah merupakan bagian kebutuhan mendasar bagi keberlangsungan interaksi masyarakat. Namun kondisi infrastruktur jalan tetap mendapati masalah yang dirasakan oleh masyarakat khususnya jalan dengan struktur perkerasan lentur (Flexible pavement) yang menggunakan bahan campuran beraspal. Modifikasi Aspal merupakan usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal dengan menambahkan bahan aditif untuk memodifikasi sifat fisik dan sifat kimia aspal. Bahan tambah untuk aspal dapat bervariasi dan bisa meningkatkan kualitas aspal dengan biaya yang murah untuk menghemat pengeluaran untuk pembuatan infrastruktur jalan.

Bahan aditif yang memungkinkan untuk di coba sebagai campuran aspal adalah Lateks cair yang merupakan karet alam hasil getah dari pohon karet dan termasuk dalam kategori polimer yang dapat meningkatkan mutu aspal. Karet alam memiliki kemampuan untuk berkristalisasi, misalnya pada saat pembebanan tarik menyebabkan karet ini memiliki kekuatan tarik yang unggul dibandingkan dengan karet-karet lainnya. Suhu transisi gelas yang sangat rendah memungkinkan karet ini berfungsi dengan baik apabila digunakan secara terus menerus pada suhu 30°C. Pada campuran aspal dibutuhkan bahan pengisi (Filler) untuk mendukung kinerja konstruksi perkerasan jalan agar dapat menahan beban lalu lintas dengan lebih baik, seperti limbah kaca yang mengandung silika dengan sifat kohesi yang tinggi. Dengan sifat tersebut, kaca dapat membuat campuran aspal yang lebih tahan terhadap air dan durabilitas lebih tinggi.

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian laboratorium, yaitu metode yang dilakukan dengan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan data. Kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh dari bahan tambah lateks cair 60% dan filler kaca terhadap karakteristik hasil pengujian *marshall*. Dengan komposisi persentase lateks cair sebanyak 10%, 15%, dan 20 % masing masing 3 sampel uji.

pengujian ini meliputi beberapa pengujian yaitu pengujian analisa butir gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan air pada agregat, keausan agregat dan

pengujian yang terakhir pada proses penelitian ini adalah pengujian karakteristik Marshall dengan alat Digital Marshall Stability Tester STM-8

## Hasil dan Pembahasan

### Pengujian Agregat kasar dan halus

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah split Tanjung balai dan agregat halus ialah pasir petapahan. Agregat di uji apakah memenuhi syarat sebelum digunakan sebagai campuran aspal, berikut data hasil pengujian untuk agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat kasar dan agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi Maksimal	Hasil Pengujian
1.	Agregat Halus		
a.	Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> ) Berat Jenis kering	-	2.61
b.	Permukaan ( <i>Saturated Surface Dry</i> )	-	2.67
c.	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	-	2.71
d.	Penyerapan air ( <i>Absorption</i> )	3%	0.81%
2.	Agregat Kasar		
a.	Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> ) Berat Jenis kering	-	2.65
b.	Permukaan ( <i>Saturated Surface Dry</i> )	-	2.67
c.	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	-	2.71
d.	Penyerapan air ( <i>Absorption</i> )	3%	0.80%
e.	Keusan agregat/abrasi	40%	14.30%
3	Serbuk kaca		
a.	Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> ) Berat Jenis Kering	-	2.54
b.	Permukaan ( <i>Saturated Surface Dry</i> )	-	2.56
c.	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	-	2.61

### Spesifikasi Aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina. berikut spesifikasi aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Aspal Penetrasi 60/70 Pertamina.

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1.	Penetrasi	60-70	mm
2.	Daktalitas	100	cm
3.	Titik nyala	200	°C
4.	Titik lembek	58	°C
5.	Kehilangan berat aspal	0.4	%
6.	Berat Jenis	1,0	%

Baik agregat kasar dan agregat halus memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan campuran aspal dan dapat digunakan.

### Perencanaan Campuran

Untuk campuran aspal panas dengan metode PRD, dilakukan perhitungan perkiraan awal kadar aspal rancangan (Pb) dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ filler}) + \text{Konstanta} \\
 &= 0,035 (57) + 0,045 (36,5) + 0,18 (6,5) + 0,75 \\
 &= 2 + 1.64 + 1.17 + 0.75 \\
 &= 5,56 \text{ atau } 5,55
 \end{aligned}$$

### Job Mix Formula (JMF) Campuran aspal

Campuran aspal dibuat sebanyak 24 sampel, dimana terdiri dari 12 campuran dengan *filler* semen, dan 12 campuran dengan *filler* serbuk kaca sebagai pembanding.

Masing masing 12 campuran terdiri dari 4 komposisi lateks yang berbeda, masing masing 3 sampel memiliki komposisi bahan tambah lateks dengan persentase 0%, 10%, 15%, dan 20 % dari nilai kadar aspal yang sudah di tentukan, dan campuran disusun sesuai metode PRD dengan kadar aspal rancangan.

Tabel 3. Campuran aspal Normal tanpa bahan tambah lateks

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos %		Target	Jumlah bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total (Gram)
	ASTM (mm)	No Saringan	Min	Max		% Tertahan	Gram	
Agregat Kasar (CA)		19 3/4	100		100			
		12.5 1/2	90	100	95	5	60.0	
		9.5 3/8	77	90	83.5	11.5	138.0	684.00
		4.75 No. 4	53	69	61	22.5	270.0	
	2.36 No. 8	33	53	43	18	216.0		
Agregat Halus (FA)		1.18 No. 16	21	40	30.5	12.5	150.0	
		0.6 No. 30	14	30	22	8.5	102.0	
		0.3 No. 50	9	22	14.5	6.5	78.0	438.00
		0.15 No. 100	6	15	10.5	5	60.0	
		0.075 No. 200	4	9	6.5	4	48.0	
Filler	Total					6.5	78.0	78.00
						100	1200.0	

Campuran aspal dengan bahan tambah lateks cair sebanyak 10% ada sebanyak 6 sampel, dimana 3 sampel merupakan campuran dengan *filler* semen, dan 3 sampel dengan *filler* serbuk kaca, komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Campuran aspal Normal dengan bahan tambah lateks cair 10%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos %		Target	Jumlah bahan		Berat Total (Gram)
	ASTM (mm)	No Saringan	Gradasi Min	Gradasi Max		Menurut Spesifikasi % Tertahan	Spesifikasi Gram	
Agregat Kasar (CA)	19 3/4		100		100			680.20
	12.5 1/2		90	100	95	5	59.7	
	9.5 3/8		77	90	83.5	11.5	137.2	
	4.75 No. 4		53	69	61	22.5	268.5	
	2.36 No. 8		33	53	43	18	214.8	435.57
Agregat Halus (FA)	1.18 No. 16		21	40	30.5	12.5	149.2	
	0.6 No. 30		14	30	22	8.5	101.4	
	0.3 No. 50		9	22	14.5	6.5	77.6	
	0.15 No. 100		6	15	10.5	5	59.7	
	0.075 No. 200		4	9	6.5	4	47.7	
Filler (Kaca)			Total			6.5	77.6	77.57
						100	1193.3	

Campuran aspal dengan bahan tambah lateks cair sebanyak 15% ada sebanyak 6 sampel, dimana 3 sampel merupakan campuran dengan *filler* semen, dan 3 sampel dengan *filler* serbuk kaca, komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Campuran aspal Normal dengan bahan tambah lateks cair 15%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos %		Target	Jumlah bahan		Berat Total (Gram)
	ASTM (mm)	No Saringan	Gradasi Min	Gradasi Max		Menurut Spesifikasi % Tertahan	Spesifikasi Gram	
Agregat Kasar (CA)	19 3/4		100		100			678.31
	12.5 1/2		90	100	95	5	59.5	
	9.5 3/8		77	90	83.5	11.5	136.9	
	4.75 No. 4		53	69	61	22.5	267.8	
	2.36 No. 8		33	53	43	18	214.2	434.35
Agregat Halus (FA)	1.18 No. 16		21	40	30.5	12.5	148.8	
	0.6 No. 30		14	30	22	8.5	101.2	
	0.3 No. 50		9	22	14.5	6.5	77.4	
	0.15 No. 100		6	15	10.5	5	59.5	
	0.075 No. 200		4	9	6.5	4	47.6	
Filler (Kaca)			Total			6.5	77.4	77.35
						100	1190.0	

Campuran aspal dengan bahan tambah lateks cair sebanyak 20% ada sebanyak 6 sampel, dimana 3 sampel merupakan campuran dengan *filler* semen, dan 3 sampel dengan *filler* serbuk kaca, komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Campuran aspal Normal dengan bahan tambah lateks cair 20%

Jenis Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos %		Target	Jumlah bahan Menurut Spesifikasi		Berat Total (Gram)
	ASTM (mm)	No Saringan	Gradasi Min	Gradasi Max		% Tertahan	Gram	
Agregat Kasar (CA)	19 3/4		100		100			676.41
	12.5 1/2		90	100	95	5	59.3	
	9.5 3/8		77	90	83.5	11.5	136.5	
	4.75 No. 4		53	69	61	22.5	267.0	
	2.36 No. 8		33	53	43	18	213.6	433.14
Agregat Halus (FA)	1.18 No. 16		21	40	30.5	12.5	148.3	
	0.6 No. 30		14	30	22	8.5	100.9	
	0.3 No. 50		9	22	14.5	6.5	77.1	
	0.15 No. 100		6	15	10.5	5	59.3	
	0.075 No. 200		4	9	6.5	4	47.5	77.13
Filler (Kaca)		Total				6.5	77.1	
						100	1186.7	

### Hasil data sampel

Dengan komposisi sesuai *Job Mix Formula* dilakukan pembuatan sampel sebanyak 24 sampel, Data berat sampel untuk masing-masing komposisi setelah di cetak bisa di lihat pada tabel 7.

Tabel 7. data berat sampel

No. Sampel	Jenis Sampel	Berat Benda Uji (Gram)		
		Kering	SSD	Dalam Air
Komposisi Normal				
1	Normal <i>filler</i> semen	1259	1262	736
2	Normal <i>filler</i> semen	1226	1228	709
3	Normal <i>filler</i> semen	1268	1270	738
4	Normal <i>filler</i> serbuk kaca	1249	1254	723
5	Normal <i>filler</i> serbuk kaca	1240	1255	722
6	Normal <i>filler</i> serbuk kaca	1269	1272	731
Lateks Cair 10%				
7	Lateks 10% <i>filler</i> semen	1271	1272	742
8	Lateks 10% <i>filler</i> semen	1252	1253	728
9	Lateks 10% <i>filler</i> semen	1249	1250	723
10	Lateks 10% <i>filler</i> serbuk kaca	1250	1254	721
11	Lateks 10% <i>filler</i> serbuk kaca	1263	1266	730
12	Lateks 10% <i>filler</i> serbuk kaca	1241	1243	723
Lateks Cair 15%				
13	Lateks 15% <i>filler</i> semen	1247	1249	739
14	Lateks 15% <i>filler</i> semen	1272	1276	738
15	Lateks 15% <i>filler</i> semen	1249	1255	741
16	Lateks 15% <i>filler</i> serbuk kaca	1264	1265	735
17	Lateks 15% <i>filler</i> serbuk kaca	1239	1240	712
18	Lateks 15% <i>filler</i> serbuk kaca	1258	1259	728
Lateks Cair 20%				
19	Lateks 20% <i>filler</i> semen	1241	1245	729
20	Lateks 20% <i>filler</i> semen	1251	1253	729
21	Lateks 20% <i>filler</i> semen	1258	1262	752
22	Lateks 20% <i>filler</i> serbuk kaca	1255	1259	724
23	Lateks 20% <i>filler</i> serbuk kaca	1256	1259	728
24	Lateks 20% <i>filler</i> serbuk kaca	1252	1255	725

### Analisis Data Hasil Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* meliputi volume sampel, kepadatan sampel, VMA, VFA, VIM, Stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel masing masing komposisi campuran.

$$\text{Kadar rongga dalam agregat (VMA)} = 100 - \frac{(100 - \% \text{ aspal}) \times \text{berat volume sampel}}{B_j \text{ Bulk Agregat}} \quad (2)$$

$$\text{Rongga terhadap campuran (VIM)} = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume sampel}}{B_j \text{ Maksimum campuran}} \quad (3)$$

$$\text{Rongga yang terisi aspal (VFA)} = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (4)$$

Tabel 8. Sampel Normal tanpa bahan tambah

No. Sampel	VMA %	VFA %	VIM %	Stabilitas kN	Flow Kg	Mq mm	Mq Kg/mm
Sampel Normal							
1	15.17	72.23	4.21	10.49	1069.67	2.92	366.33
2	16.28	66.42	5.47	14.23	1451.03	2.19	662.58
3	15.53	70.27	4.62	8.44	860.627	3.43	250.92
4	16.64	66.02	5.65	6.96	709.71	2.06	344.53
5	17.55	61.90	6.69	14.65	1493.86	3.76	397.31
6	16.87	64.93	5.92	20.44	2084.27	4.71	442.53

Tabel 9. Sampel dengan Bahan tambah Lateks Cair sebanyak 10%

No. Sampel	VMA %	VFA %	VIM %	Stabilitas kN	Flow Kg	Mq mm	Mq Kg/mm
Lateks Cair 10%							
7	15.01	74.61	3.81	17.30	1764.08	2.75	641.49
8	15.48	71.92	4.35	15.65	1595.83	3.35	476.37
9	16.00	69.15	4.94	14.54	1482.64	2.74	541.12
10	16.88	64.86	5.93	16.69	1701.88	3.56	478.06
11	16.49	66.73	5.49	15.46	1576.46	4.11	383.57
12	15.42	72.27	4.28	16.84	1717.17	4.06	422.96

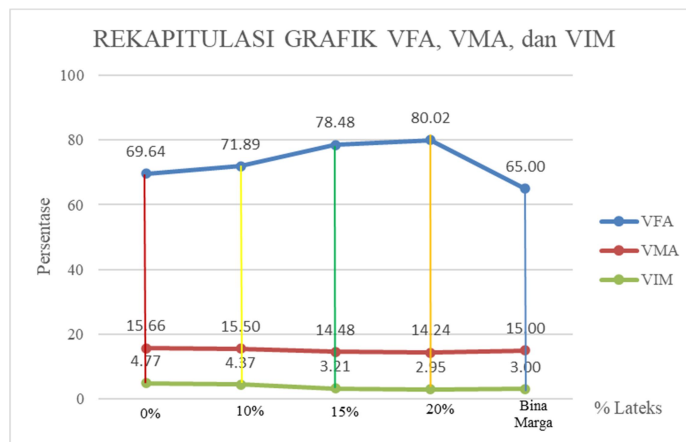
Tabel 10. Sampel dengan Bahan tambah Lateks Cair sebanyak 15%

No. Sampel	VMA %	VFA %	VIM %	Stabilitas kN	Flow Kg	Mq mm	Mq Kg/mm
Lateks Cair 15%							
13	13.34	85.56	1.93	17.45	1779.38	3.44	517.27
14	16.21	68.12	5.17	14.77	1506.10	3.30	456.40
15	13.88	81.75	2.53	14.16	1443.90	2.41	599.14
16	15.48	71.95	4.34	16.64	1696.78	4.24	400.19
17	16.83	65.09	5.88	11.14	1135.95	3.27	347.39
18	16.04	68.98	4.97	15.30	1560.14	5.20	300.03

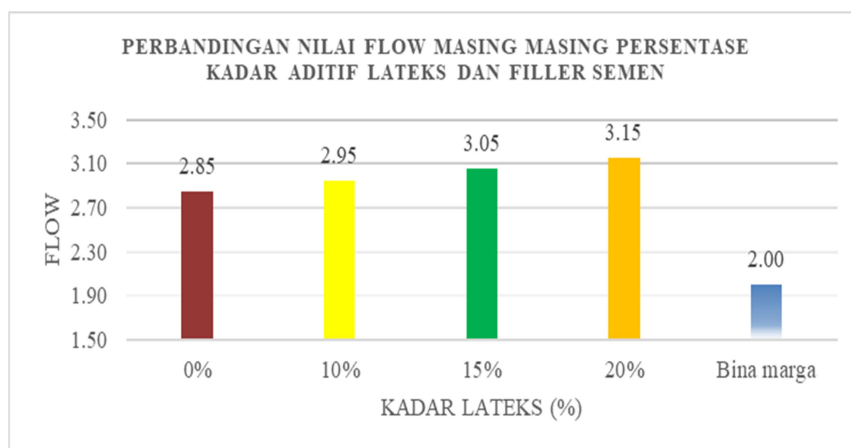
Tabel 11. Sampel dengan Bahan tambah Lateks Cair sebanyak 15%

No. Sampel	VMA %	VFA %	VIM %	Stabilitas kN	Flow Kg	Mq mm	Mq Kg/mm
Lateks Cair 20%							
19	14.76	76.07	3.53	12.42	1266.47	3.80	333.29
20	15.39	72.44	4.24	10.68	1089.04	2.80	388.95
21	12.58	91.56	1.06	14.10	1437.78	2.85	504.49
22	16.86	64.95	5.91	16.85	1718.19	2.89	594.54
23	16.17	68.30	5.13	17.80	1815.07	2.89	628.06
24	16.28	67.76	5.25	14.03	1430.64	3.04	470.61

Dari data pengujian dibandingkan dalam bentuk grafik, meliputi nilai VMA, VMA, VIM, Stabilitas, Flow, dan *Marshall Quotient*. Grafik masing masing perbandingan dapat dilihat pada gambar dibawah.

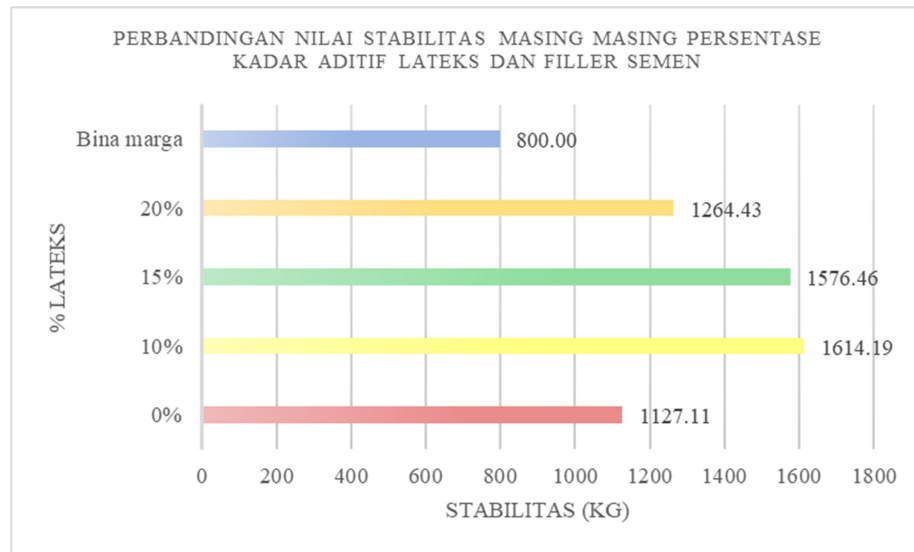


Gambar 1. Grafik VFA, VMA, dan VIM

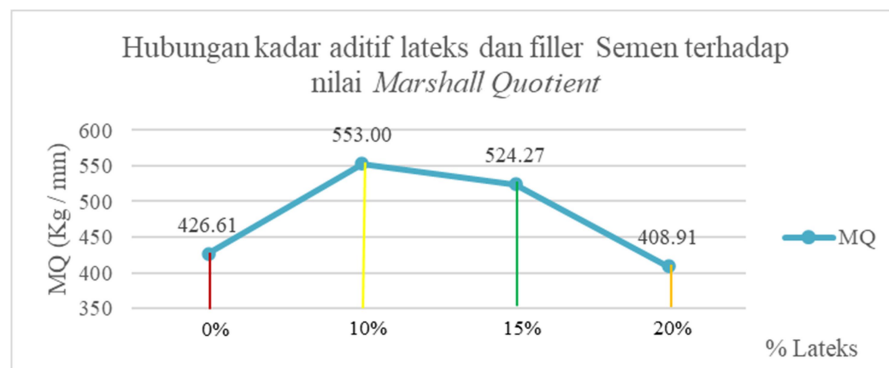


Gambar 2. Grafik nilai Flow

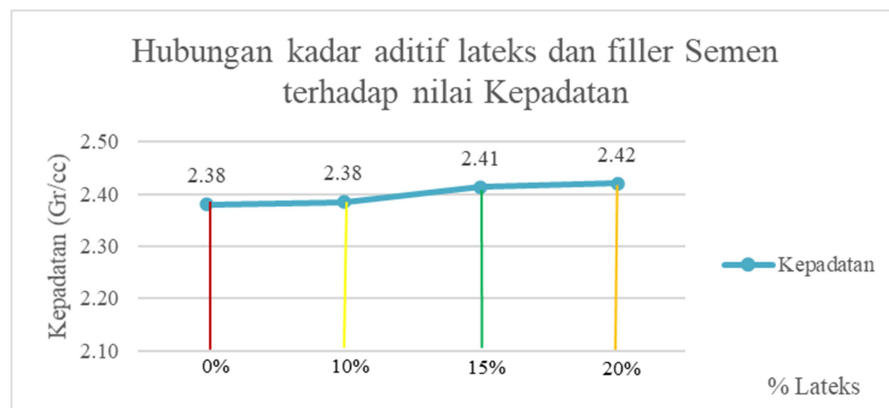




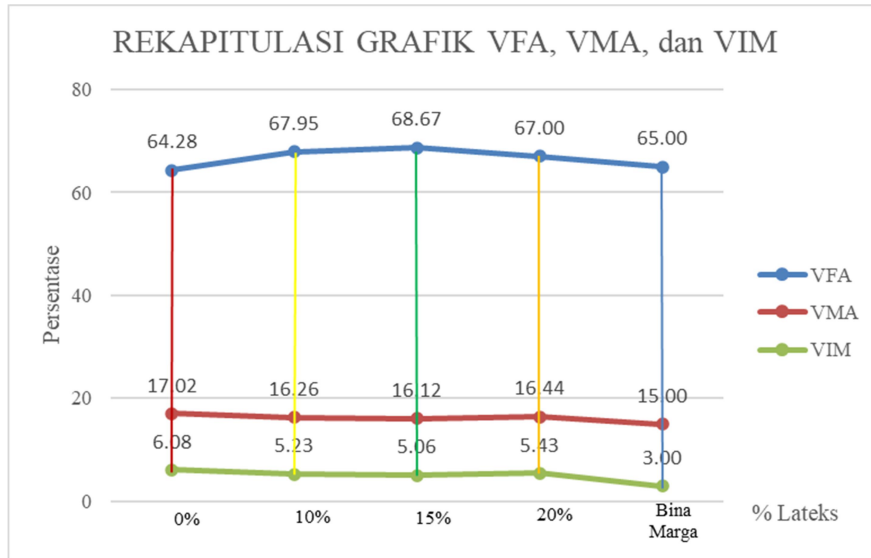
Gambar 3. Grafik nilai Stabilitas



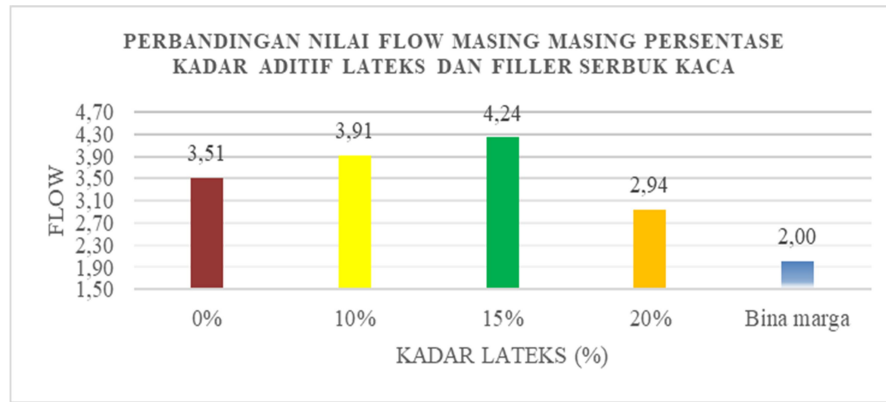
Gambar 4. Grafik Marshall Quotient



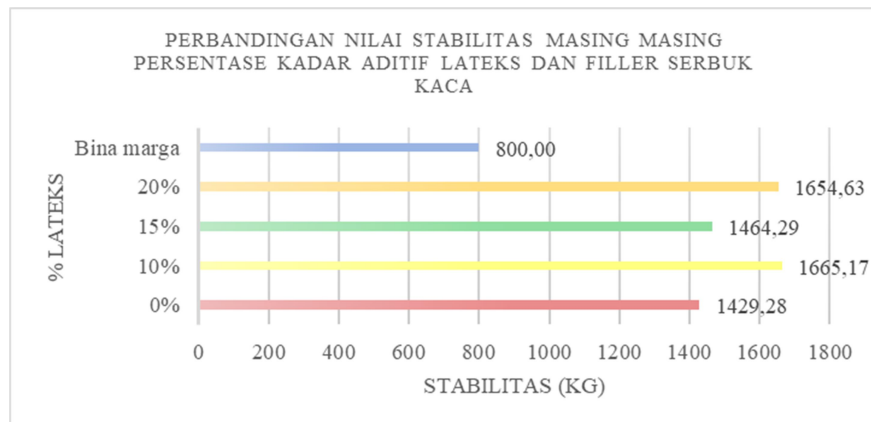
Gambar 5. Grafik nilai kepadatan



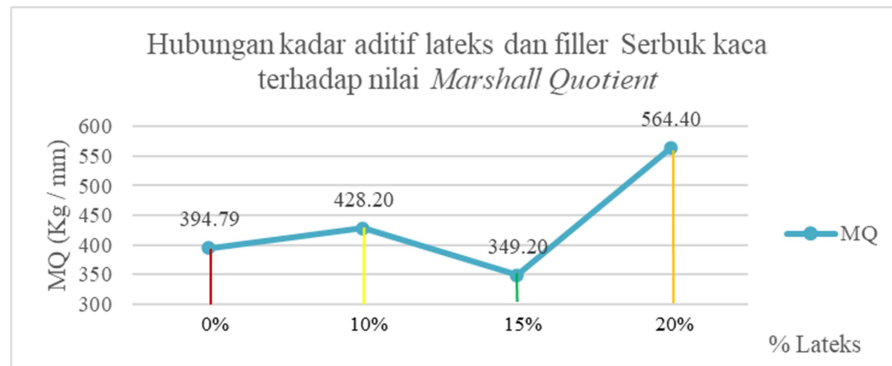
Gambar 6. Grafik VFA, VMA, dan VIM campuran dengan *filler* serbuk kaca



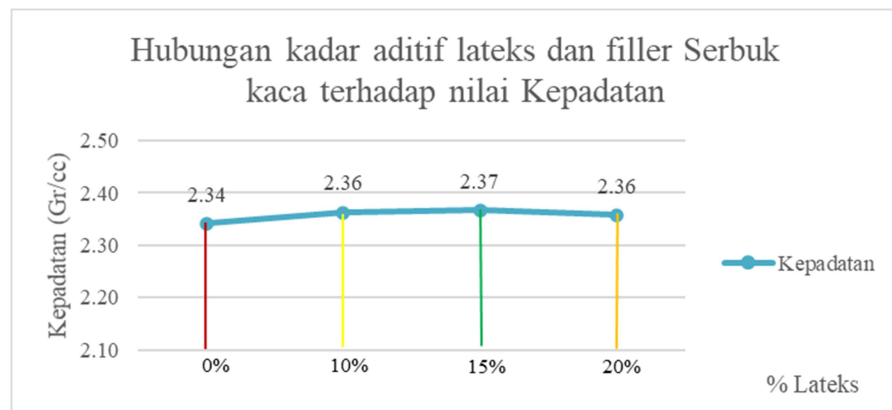
Gambar 7. Grafik nilai *Flow* campuran dengan *filler* serbuk kaca



Gambar 8. Grafik nilai Stabilitas campuran dengan *filler* serbuk kaca



Gambar 9. Grafik nilai *Marshall Quotient* campuran dengan *filler* serbuk kaca



Gambar 10. Grafik nilai kepadatan campuran dengan *filler* serbuk kaca

### Simpulan

Sampel dengan filler serbuk kaca mengalami besarnya perubahan bentuk plastis (flow) yang lebih tinggi dibandingkan dengan filler semen dengan peningkatan sebanyak 22 % serta memiliki peningkatan volume rongga udara pada campuran lebih besar yaitu sebanyak 42%. Penambahan kadar lateks terhadap campuran aspal dengan komposisi 10 %, 15%, dan 20 % berpengaruh terhadap peningkatan nilai stabilitas hingga 15% dan rongga terisi aspal meningkat sebanyak 14% dari campuran normal. Komposisi 10 % merupakan komposisi yang memenuhi seluruh standar Bina Marga 2010.

### Daftar Pustaka

- Alimohamadi, M., and A. Sanaeirad. 2016. "Review the Effect of Using Waste Glass on Resistive Characteristics of Glass Asphalt Mixtures." *Journal of Engineering and Applied Science* 11(4):930–39.

- Aminsyah, M., and Rahma Septika Syahid. 2019. *Pengaruh Penambahan Lateks Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.
- Balai, P., S. Selatan Barkah, W. Widiyanto, and I. Faisal. 2020. *Perubahan Karakteristik Aspal Pen 60/70 Dengan Substitusi Getah Karet Alam*.
- Bina Marga. 2010. "Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Divisi 6 Perkerasan Aspal."
- Prastanto, H., A. Falaah, and D. Maspanger. 2014. "Pemekatan Lateks Kebun Secara Cepat Dengan Proses Sentrifugasi Putaran Rendah." *Pusat Penelitian Karet* 32(2):181–88.
- Hermadi M., and Ronny Y. 2015. "Pengaruh Penambahan Lateks Alam Terhadap Sifat Reologi Aspal." *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Jalan Dan Jembatan* 1(2).
- Jony, H. H., M. F. Al-Rubaie, and I. Y. Jahad. 2011. "The Effect of Using Glass Powder Filler on Hot Asphalt Concrete Mixtures Properties." *Engineering & Technology Journal* 29(1):44–57.
- Keerio, M. A., S. Khoso, J. S. Khan, A. A. Ansari, and N. K. Bhatti. 2017. "The Effect of Waste Glass as Partial Replacement of Cement on Properties of Concrete." *Engineering Science and Technology International Research Journal* 1(1).
- Liu, S., S. Wang, W. Tang, Ni Hu, and J. Wei. 2015. "Inhibitory Effect of Waste Glass Powder on ASR Expansion Induced by Waste Glass Aggregate." *Materials* 8(10):6849–62. doi: 10.3390/ma8105344.
- Muhammad Taufik Gunawan. 2021. *Pengaruh Campuran Aspal Dengan Bahan Tambahan Filler Batu Zeolite Dan Karet Alam (SIR20) Terhadap Stabilitas*. Dumai: Sekolah Tinggi Teknologi Dumai.
- Nababan, S. 2020. *Pengaruh Penambahan Lateks Kadar 60% Terhadap Karakteristik Aspal Pen 60-70*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Simone, A., F. Mazzotta, S. Eskandarsefat, C. Sangiorgi, V. Vignali, C. Lantieri, and G. Dondi. 2019. "Experimental Application of Waste Glass Powder Filler in Recycled Dense-Graded Asphalt Mixtures." *Road Materials and Pavement Design* 20(3):592–607. doi: 10.1080/14680629.2017.1407818.
- Sukirman, S. 2012. *Beton Aspal Campuran Panas*. Edisi Kedua. Itenas, Bandung.
- Sukirman, S. 2017. *Beton Aspal Campuran Panas*. 3rd ed. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Yuniarti, R., H. Hasyim, H. Hariyadi, and T. Handayani. 2019a. "Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Pada Campuran Perkerasan Aspal Panas." *Jurnal Teknik Sipil* 26(3):265. doi: 10.5614/jts.2019.26.3.10.