

Pemanfaatan Serbuk Bata Merah Untuk Campuran Aspal Beton Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall

Utilization of Red Brick Powder for Asphalt Concrete Mix Ac-Wc Against Marshall Characteristics

Agus Wibowo¹, Yulis Widhiastuti², Antonius Andi Tjandra²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

² Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Abstrak

Aspal beton merupakan campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (Filler) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diatur. Dalam campuran laston, filler berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dalam campuran, meningkatkan stabilitas, dan pengikat aspal beton. Penggunaan serbuk bata merah sebagai filler untuk mengupayakan pemanfaatan limbah pecahan bata merah yang sudah tidak terpakai dari daerah ledok kulon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penggunaan serbuk bata merah sebagai filler terhadap aspal beton (AC-WC) dapat mempengaruhi karakteristik marshall. Metode yang digunakan dalam perhitungan menggunakan metode trial and error yaitu metode mencoba-coba untuk menghasilkan range yang ditentukan. Penggunaan serbuk bata merah sebagai filler berpengaruh pada karakteristik marshall. Pada proporsi campuran yang sama sebelum dan sesudah menggunakan serbuk bata merah memiliki nilai penurunan pada nilai stabilitas, flow, VFA, VMA, MQ, dan density. Mengalami kenaikan pada nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous pada penggunaan filler serbuk bata merah. Hasil pengujian marshall test pada masing-masing presentase kadar filler serbuk batu bata merah dengan kadar 5% diperoleh nilai stabilitas sebesar 2044,2kg, flow 2,41mm, VFA 71,56%, VIM 4,39%, VMA 15,36%, MQ 850,28kg/mm, dan density 2,32gr/ml. Penggunaan serbuk bata merah sebagai filler pada campuran laston AC-WC yang memenuhi peraturan spesifikasi umum bina marga 2018 terhadap karakteristik marshall pada kadar 5%. untuk mencapai kadar filler optimum maka campuran serbuk batu bata merah pada aspal beton AC-WC sebesar 5,4%.

Kata Kunci: Aspal Beton, Laston AC-WC, serbuk bata merah, karakteristik marshall.

Abstract

Asphalt concrete is a mixture of coarse aggregate, fine aggregate, and filler with asphalt binder in high temperature (hot) conditions with a regulated composition. In the laston mixture, the filler serves as a void filler in the mixture, increasing stability, and as a binder for asphalt concrete. The use of red brick powder as a filler to seek the utilization of red brick shard waste that is no longer used from the Ledok Kulon area. This study aims to determine whether the use of red brick powder as a filler for asphalt concrete (AC-WC) can affect the characteristics of the marshall. The use of red brick powder as a filler has an effect on the characteristics of the marshall. In the same proportion of mixture before and after using red brick powder, the values were derived from stability, flow, VFA, VMA, MQ, and density values. An increase in the VIM

value shows the larger the cavity in the mixture so that the mixture is porous when using red brick powder filler. The results of the Marshall test on each percentage of red brick powder filler content with a level of 5% obtained a stability value of 2044.2kg, flow 2.41mm, VFA 71.56%, VIM 4.39%, VMA 15.36%, MQ 850.28kg/mm, and density 2.32gr/ml. The use of red brick powder as a filler in the AC-WC laston mixture that meets the general specifications of Bina Marga 2018 on marshall characteristics at a level of 5%. To achieve the optimum filler content, the mixture of red brick powder on AC-WC asphalt concrete is 5.4%.

Keywords: *Asphalt Concrete, Laston AC-WC, red brick powder, marshall characteristics.*

1. Pendahuluan

Jalan merupakan suatu struktur yang sangat penting bagi masyarakat, karena kondisi jalan berpengaruh pada perputaran ekonomi di masyarakat dan sistem transportasi. (Qiao et al., 2022). Untuk menunjang hal tersebut maka jalan dituntut untuk mempunyai perkerasan jalan yang baik dan bagus. Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang digunakan untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Tujuan perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Salah satu dari bahan konstruksi jalan yang digunakan dilapisan perkerasan jalanyaitu aspal beton,serta aspal beton yang sering digunakan adalah Laston Lapis Aus (AC-WC). AC-WC adalah aspal beton yang digunakan untuk lapis permukaan jalan (Saragi, Lumbangaol, Sidabutar, & Siahaan, 2017). Secara umum bahan campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan bahan pengisi (*Filler*). Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini penggunaan Serbuk Bata Merah sebagai bahan pengisi (*Filler*) pada campuran laston lapis aus (AC-WC) dan pemanfaatan pasir lokal bengawan solo untuk bahan agregat halus nya.

Umum Bina Marga 2018. Dimana bahan penggunaan *filler* pada campuran laston harus lolos saringan no.200. Pemanfaatan pasir bengawan solo khususnya di daerah truk sebagai agregat halus karena daerah Bojonegoro terlantasi sungai bengawan solo yang mempunyai banyak manfaat dalam segi bahan bangunan, seperti contoh pasir. Diharapkan pasir di daerah truk khususnya dapat digunakan sebagai campuran pembuatan Laston Lapis Aus (AC-WC). Penggunaan serbuk bata merah sebagai *filler* pada campuran AC-WC (Tremiño, Real-Herraiz, Letelier, & Ortega, 2021) dan agregat halus menggunakan pasir bengawan solo dari daerah truk dapat menghasilkan perubahan signifikan terhadap nilai karakteristik *Marshall*.

Berdasarkan latar belakang di atas tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana mengetahui pengaruh serbuk bata merah sebagai *filler* pada campuran laston AC-WC. Selain itu untuk menentukan nilai *marshall* terhadap serbuk bata merah sebagai *filler* pada campuran laston AC-

WC, dan menentukan nilai kadar *filler* optimum pada campuran serbuk bata merah sebagai *filler*.

2. Kajian Pustaka

2.1 Aspal Beton

Aspal Beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 2012). Aspal beton merupakan material komposit yang bersifat elastis, kental, viskoelastik dan respon dari material tersebut tergantung pada frekuensi pemuatan dan variable termodinamikanya (Mulugeta Alamnie, Taddesse, & Hoff, 2022). Struktur aspal beton terutama pada jalan raya diharapkan cukup kuat dan tahan lama untuk umur rencana yang dapat dicapai apabila perkerasan dirancang, dibangun, dipelihara dan dikelola dengan baik (Mulugeta Alamnie et al., 2022)

2.2 Karakteristik Aspal Beton

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*) (Zhong, Yang, & Wei, 2017).

2.3 AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di tempat pencampuran pada suhu tertentu, kemudian dibawa ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan sesuai jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan hotmix.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan

2.4 Bahan Penyusun Campuran Aspal

Bahan-bahan campuran dalam penyusunan aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan bahan pengisi (*Filler*). Dalam proses penyusunan bahan campuran menjadi bagian penting dalam analisis perancangan JMF (Albayati & Abduljabbar, 2019). Hal ini karena salah

satu parameter kekuatan konstruksi jalan terletak pada pemilihan bahan dan penyusunan yang sesuai aturan spesifikasi bina marga.

2.5 Campuran Aspal (Job Mix Formula)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Salah satu metode yang dipakai di Indonesia yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh The Asphalt Institute. Metode Marshall Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76.

Dalam mendapatkan campuran aspal beton yang baik maka harus diperhatikan pencampuran agregatnya. Pencampuran agregat tersebut sangat berpengaruh pada resep komposisi campuran agar didapatkan suatu campuran yang homogen dan butir agregat yang sesuai standar spesifikasi

Dalam perencanaan suatu campuran, kadar aspal ditentukan dengan rumus berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil 2002 seperti berikut ini:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\text{filler}) + K$$

Dimana : P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

Ca = persen agregat tertahan saringan No 8

FA = persen agregat lolos saringan No 8 dan tertahan saringan No.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No 200

K = konstanta; 0,5-1,0 untuk laston; 2,0 – 3,0 untuk lataston

2.6 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S Corps Engineer. Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 2500 kg (Widojoko & Purnamasari, 2012). Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastik atau flow. Alat uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 10,2 cm dan tinggi 6,35 cm.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini berskala laboratoirum, metode yang digunakan adalah trial and error. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari serbuk bata merah untuk dijadikan sebagai filler pada campuran aspal neton. Standartsisasi pengujian menggunakan pedoman yang berlaku di Indonesia. Adapun metode atau tahapan dari penelitian ini adalah:

3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penggunaan alat menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Universitas Bojonegoro. Bahan pada penelitian ini terdiri dari aspal penetrasi 60/70. Agregat kasar yang digunakan batu pecah dari PT. Timbul Persada Kecamatan Widang, Tuban. Agregat Halus berupa pasir yang berasal dari bengawan solo tepatnya di daerah Trucuk, Bojonegoro. *Filler* berupa serbuk Bata Merah yang didapat dari tumbukan bata merah yang diambil dari produksi di daerah Ledok Kulon.

3.2 Pengujian Material

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pada agregat halus, agregat kasar, pengujian filler, pengujian marshall.

A. Pengujian Material Halus

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus

B. Pengujian Material Kasar

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar.

C. Pengujian Material Filler

Pengujian yang dilakukan pada filler (bahan pengisi) adalah pengujian berat jenis dan analisis saringan pada *filler*. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dan analisa gradasi saringan bahan pengisi (*filler*).

D. Pengujian Material Marshall

Pengujian *marshall test* merupakan pengujian benda uji terakhir, dimana tahap ini tahap untuk mencari nilai dari *flow* dan stabilitas. Untuk acuan nilai dari hasil pengujian yang harus diisyaratkan oleh Bina Marga tahun 2018.

3.3 Analisis data

Sesuai dengan acuan penelitian-penelitian terdahulu dan judul penulis, penelitian ini akan fokus dalam pembahasan mengenai pengaruh kualitas dari campuran aspal beton terhadap karakteristik *marshall* yang meliputi : kepadataan (*density*), VIM, VMA, VFA, kelelahan (*flow*), stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*).

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Pengujian Agregat

A. Pengujian Keausan Dengan Mesin *Los Angeles*

Agregat kasar dilakukan Abrasi untuk mencari nilai Keausan dengan acuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, dimana nilai maksimum keausan ditentukan sebesar 40%. Berikut data hasil pengujian keausan dengan mesin los angeles :

Tabel 1. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Ukuran 1/2

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran : 500 Putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat(a)	Berat (b)
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")		
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	2504	2502
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2501	2501
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)		
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
JUMLAH BERAT		5005	5003
BERAT TERTAHAN SARINGAN NO. 12 SESUDAH PERCOBAAN (b)		3904	3997
Keausan (%)		22,00	20,11
Keausan Rata-rata (%)		21,06	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro,2021

Tabel 2. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Ukuran 0,5

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran : 500 Putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (a)
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")		
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")		
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")		
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")	2500	2500
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)	2500	2500
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
JUMLAH BERAT		5000	5000
BERAT TERTAHAN SARINGAN NO. 12 SESUDAH PERCOBAAN (b)		4074	4103
Keausan (%)		18,52	17,94
Keausan Rata-rata (%)		18,23	

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro,2021

Pengujian Keausan dengan mesin los angeles pada agregat kasar ukuran ½ dilakukan pada 2 sampel, didapatkan hasil rata-rata nilai keausan yaitu 21,05 %. Sedangkan pada agregat kasar ukuran 0,5 dilakukan pada 2 sampel mendapatkan hasil rata-rata nilai keausan yaitu 18,23 %. Dari nilai keausan agregat kasar ukuran ½ dan ukuran 0,5 menunjukkan bahwa agregat yang telah diuji layak digunakan untuk campuran aspal beton, karena telah memenuhi nilai yang ditentukan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan nilai maksimal 40% nilai keausan.

B. Pengujian Analisa Saringan

Agregat kasar yang berasal dari pamotan, rembang, jawa tengah dilakukan pada 2 sampel, agregat halus berasal dari Trucuk, Bojonegoro dilakukan pada 2 sampel dan bahan pengisi (filler) dari daerah Ledok kulon, Bojonegoro dengan acuan pengujian analisa saringan SNI 03-1968-1990, berikut hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus :

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 0,5

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Komulatif (A)			Berat Tertahan	Komulatif (B)			Rata-rata A&B
(mm)	No.	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	Lolos (%)
19,10	3/4"	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
13,20	1/2"	1111	1111	44,44	55,56	748	748	29,88	70,12	62,84
9,60	3/8"	1234	2345	93,80	6,20	1585	2333	93,21	6,79	6,50
4,80	4	139	2484	99,36	0,64	156	2489	99,44	0,56	0,60
2,40	8	2	2486	99,44	0,56	2	2491	99,52	0,48	0,52
Pan		14	2500	100,00	0,00	12	2503	100,00	0,00	0,00
Total		2500		337,04		2503		322,05		

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

Tabel 4. hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 0,5

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Komulatif (A)			Berat Tertahan	Komulatif (B)			Rata-rata A&B
(mm)	No.	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	Lolos (%)
19,10	3/4"	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
13,20	1/2"	21	21	0,84	99,16	30	30	1,20	98,80	98,98
9,60	3/8"	143	164	6,56	93,44	119	149	5,96	94,04	93,74
4,80	4	1726	1890	75,60	24,40	1749	1898	75,92	24,08	24,24
2,40	8	540	2430	97,20	2,80	548	2446	97,84	2,16	2,48
Pan		70	2500	100,00	0,00	54	2500	100,00	0,00	0,00
Total		2500		180,20		2500		180,92		

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

Tabel 5. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Kumulatif (A)			Kumulatif (B)				Rata-rata A&B Lolos
(mm)	No.	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	tertinggal (gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	(%)
9,60	3/8"	2	2	0,08	99,92	0	0	0,00	100,00	99,96
4,80	4	41	43	1,72	98,28	47	47	1,89	98,11	98,20
2,40	8	225	268	10,74	89,26	289	336	13,48	86,52	87,89
1,20	16	595	863	34,58	65,42	651	987	39,59	60,41	62,92
0,60	30	696	1559	62,46	37,54	699	1686	67,63	32,37	34,96
0,30	50	265	1824	73,08	26,92	239	1925	77,22	22,78	24,85
0,15	100	349	2173	87,06	12,94	301	2226	89,29	10,71	11,83
0,075	200	289	2462	98,64	1,36	246	2472	99,16	0,84	1,10
Pan		34	2496	100,00	0,00	21	2493	100,00	0,00	0,00
Total		2496		369,71		2493		389,09		

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

Tabel 6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Kumulatif (A)			Berat Tertahan	Kumulatif (B)			Rata-rata A&B Lolos
(mm)	No.	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	(gr)	tertahan (gr)	tertahan (%)	Lolos (%)	(%)
0,30	50	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
0,15	100	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
0,075	200	16	16	3,20	96,80	11	11	2,19	97,81	97,31
Pan		484	500	100,00	0,00	492	503	100,00	0,00	0,00
Total		500		38,00		503		2,19		

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

C. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini meliputi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler). Pengujian ini terdiri dari berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu (apparent), dan penyerapan air (absorption). Pengujian dilakukan dengan persyaratan SNI 03-1970-1990. Berikut hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat :

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

No	Agregat	Jenis Pengujian	Persyaratan		Hasil	Satuan
			Min	Maks		
1	Agregat Kasar 1/2	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,5		2,62	gr/cc
		Berat Jenis <i>SSD</i>	2,5		2,65	gr/cc
	Berat Jenis <i>Semu</i>	2,5		2,71	gr/cc	
	Penyerapan		3	1,25	%	
2	Agregat Kasar 0,5	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,5		2,54	gr/cc
		Berat Jenis <i>SSD</i>	2,5		2,57	gr/cc
	Berat Jenis <i>Semu</i>	2,5		2,61	gr/cc	
	Penyerapan		3	1,25	%	
3	Agregat Halus	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,5		2,62	gr/cc
		Berat Jenis <i>SSD</i>	2,5		2,67	gr/cc
	Berat Jenis <i>Semu</i>	2,5		2,77	gr/cc	
	Penyerapan		3	1,97	%	
4	<i>Filler</i>	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,5		2,57	gr/cc

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

4.2 Hasil Pengujian Campuran Laston AC-WC

1. Pengujian Marshall Untuk Mencari Nilai KAO

Pengujian marshall dilakukan menggunakan persyaratan SNI 06-2489- 1991. Pada campuran laston AC-WC untuk mencari nilai KAO membuat 5 macam kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dengan masing-masing benda uji sebanyak 3 buah. Berikut ini adalah hasil pengujian Marshall dari campuran laston yaitu lapis aspal beton (laston) AC-WC. Hasil pengujian ini bertujuan sebagai acuan pada pembuatan komposisi job mix formula (JMF) campuran laston AC-WC menggunakan serbuk bata merah dalam pemakaiannya sebagai pengganti filler.

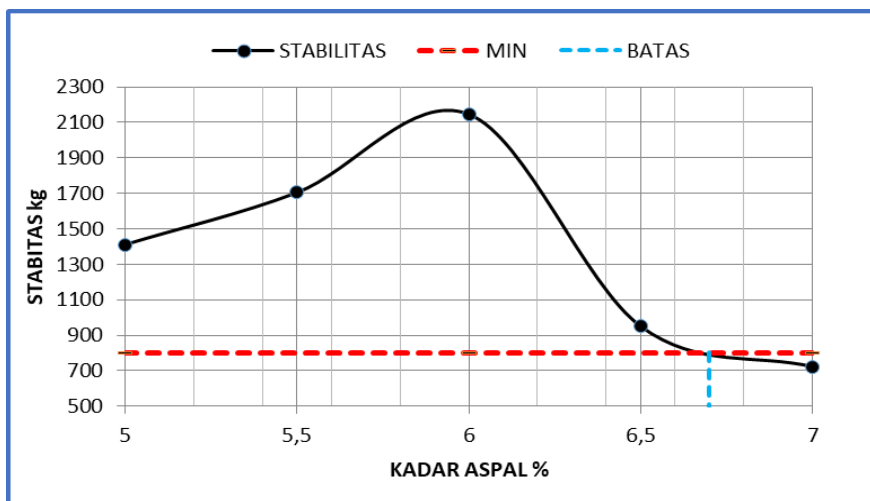
A. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran laston untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram (kg). Nilai stabilitas campuran laston menggunakan aspal dengan kadar 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Stabilitas Dengan Variasi Kadar Apal

Stabilitas (kg/mm)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	993,6	756,0	2453,4	934,7	662,4
Benda Uji 2	1668,8	2376,0	1677,9	1152,0	719,1
Benda Uji 3	1560,9	1987,2	2298,3	755,3	789,6

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 1. Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas

Gambar 1. menunjukkan bahwa nilai stabilitas Marshall mengalami kenaikan sesuai dengan bertambahnya kadar aspal. Namun mengalami penurunan pada variasi kadar aspal 7%.

B. Flow

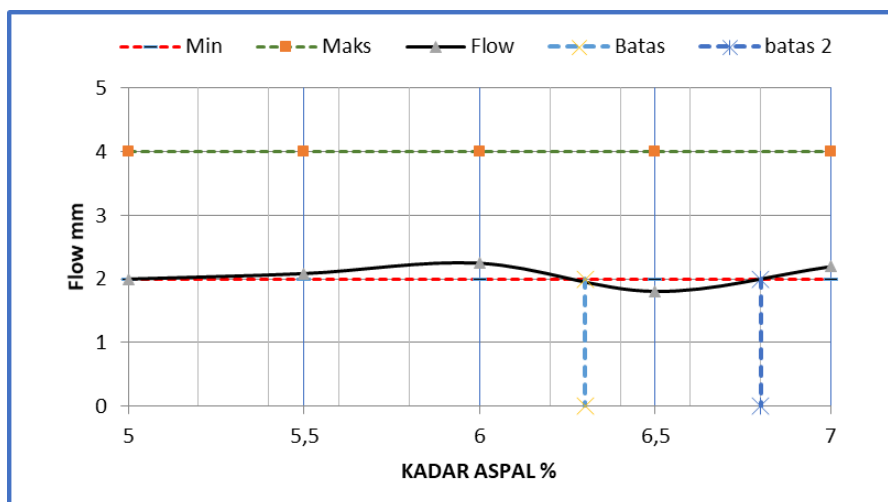
Besar perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran laston terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan. Besarnya kelelahan dinyatakan dalam satuan panjang. Nilai flow

campuran laston Ac-Wc menggunakan aspal dengan kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil *Flow* dengan Variasi Kadar Aspal

Flow (mm)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	1,97	1,58	2,55	2,02	2,05
Benda Uji 2	1,85	2,28	1,94	1,80	2,28
Benda Uji 3	2,18	2,40	2,26	1,60	2,26

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

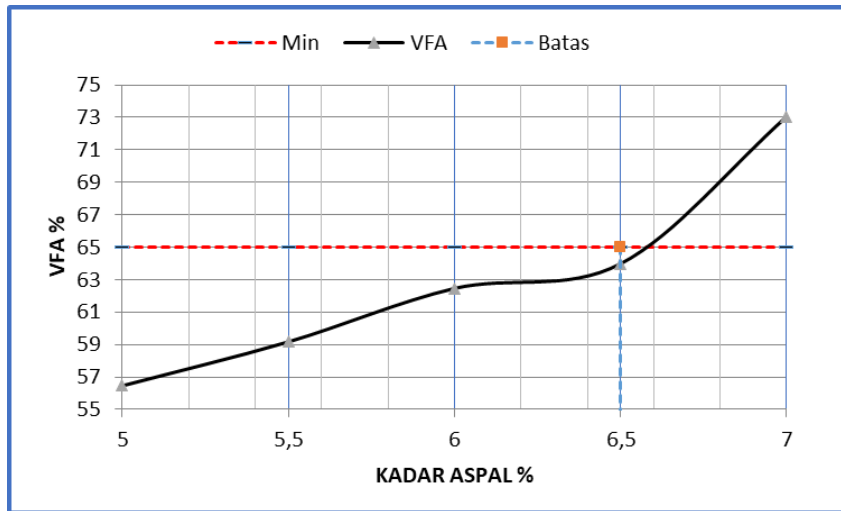
C. Void Filled with Asphalt (VFA)

Void Filled adalah bagian dari rongga diantara agregat yang terisi oleh kandungan aspal efektif. Nilai void filled Asphalt campuran laston Ac-Wc menggunakan aspal kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil VFA dengan Variasi Kadar Aspal

VFA (%)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	61,02	49,22	63,40	65,35	71,74
Benda Uji 2	53,49	54,00	58,99	59,70	68,55
Benda Uji 3	54,86	74,29	64,99	66,88	78,87

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan VFA.

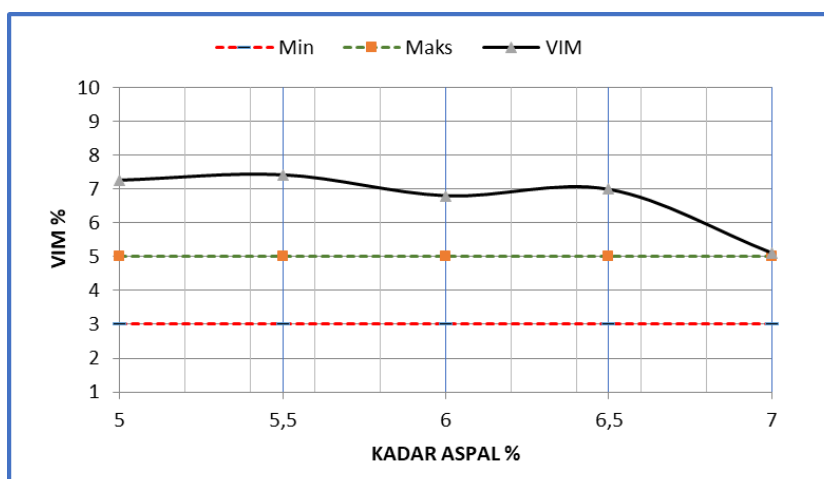
D. Voids in Mixture (VIM)

Rongga di dalam campuran (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara dalam campuran laston, dinyatakan dalam % volume. Nilai VIM campuran laston menggunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil VIM dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal	VIM (%)				
	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	6,05	10,12	6,53	6,58	5,39
Benda Uji 2	8,06	8,50	7,76	8,23	6,22
Benda Uji 3	7,66	3,64	6,12	6,17	3,73

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

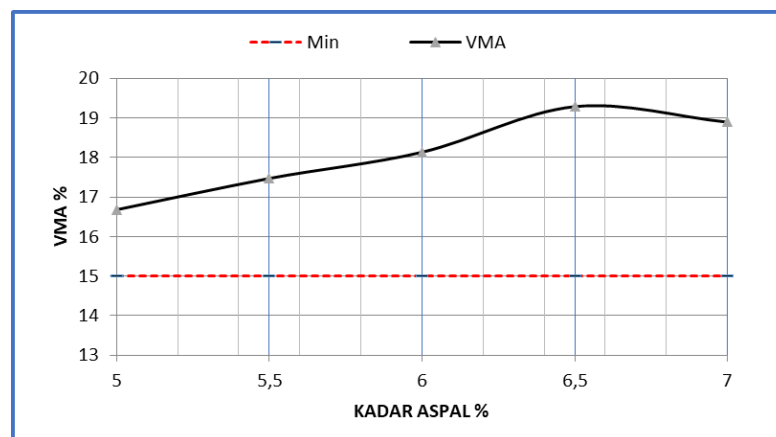
E. Voids in Mineral Aggregate (VMA)

Rongga di dalam agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk di dalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume. Nilai VMA campuran laston menggunakan aspal dengan kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil VMA dengan Variasi Kadar Aspal

VMA (%)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	15,52	19,93	17,84	18,99	19,07
Benda Uji 2	17,33	18,48	18,92	20,42	19,78
Benda Uji 3	16,97	14,16	17,48	18,63	17,65

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

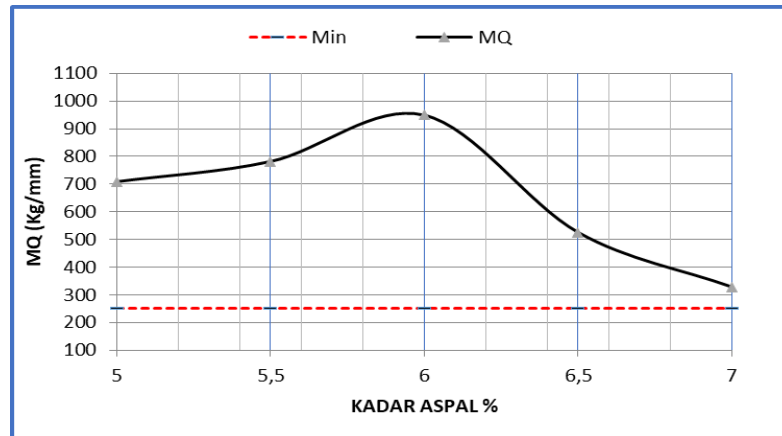
F. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas terhadap nilai kelelahan (flow), dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm. Nilai MQ campuran laston menggunakan aspal dengan kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil MQ dengan Variasi Kadar Aspal

MQ (Kg/mm)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	504,40	478,50	962,10	462,70	323,10
Benda Uji 2	902,10	1042,00	864,90	640,00	315,40
Benda Uji 3	716,00	828,00	1017,00	472,10	349,40

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021.



Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dengan MQ

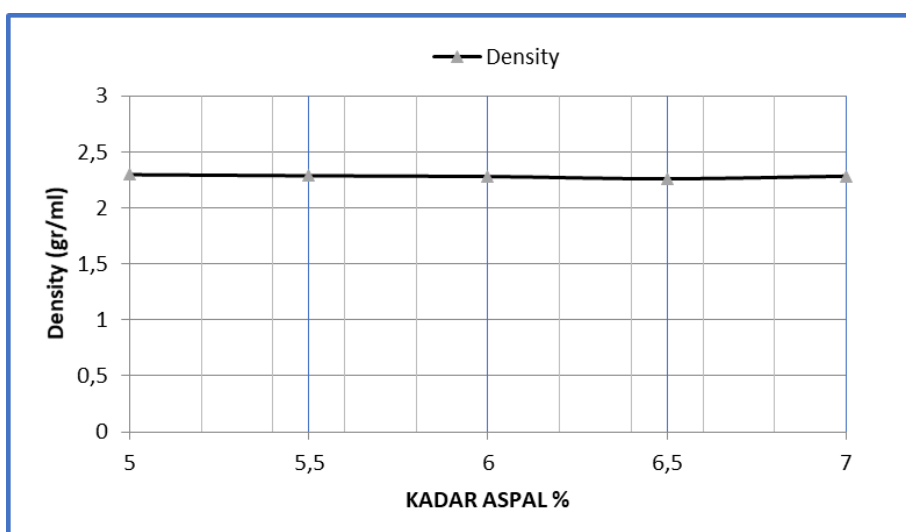
G. Kepadatan (Density)

Kepadatan merupakan berat campuran pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar serta kedap terhadap air dan udara yang tinggi pula. Berikut nilai kepadatan (density) pada campuran laston AC-WC dengan variasi kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

Tabel 14. Hasil Kepadatan (*Density*) dengan Variasi Kadar Aspal

Density (gr/ml)					
Kadar Aspal	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Benda Uji 1	2,33	2,22	2,29	2,27	2,28
Benda Uji 2	2,28	2,26	2,26	2,23	2,26
Benda Uji 3	2,29	2,38	2,30	2,28	2,32

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021



Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan (*Density*).

2. Hasil Pengujian Marshall Campuran Laston AC-WC Normal dan Laston AC-WC Menggunakan Filler Serbuk Bata Merah

Berikut ini adalah hasil pengujian Marshall dari campuran laston AC-WC Normal dan menggunakan Filler dari serbuk bata merah. Hasil pengujian ini untuk mengetahui nilai marshall dan KFO pada campuran laston AC-WC Normal dan menggunakan serbuk bata merah sebagai bahan pengisi. Dari Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan dari pengujian Stabilitas Marshall, Flow, Voids Filled, VIM (Porositas), VMA, MQ dan Density Laston AC-WC yaitu 5,65%, maka dibuatlah presentase filler sebesar 5%.

A. Stabilitas

Nilai stabilitas campuran Laston AC-WC Normal dan Laston AC- WC menggunakan filler serbuk bata merah dengan masing-masing presentase sebesar 5%, disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Stabilitas dengan Variasi filler

STABILITAS (Kg)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	2069,5	2070,9
	II	2383,1	1971,0
	III	1764,4	2090,6
Rata-rata		2072,5	1666,6

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

B. Flow

Nilai flow campuran Laston AC-WC Normal dan Laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah dengan masing-masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Flow dengan Variasi filler

FLOW (mm)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	2,47	2,54
	II	2,5	2,33
	III	2,32	2,35
Rata-rata		2,43	2,41

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

C. Void Filled with Asphalt (VFA)

Nilai void filled with asphalt (VFA) campuran laston AC-WC normal dan laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah dengan masing-masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil Void Filled with Asphalt (VFA) dengan Variasi filler

VFA (%)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	72,89	72,75
	II	77,18	74,93
	III	65,37	67,00
Rata-rata		71,81	71,56

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

D. Voids in Mixture (VIM)

Nilai voids in Mixture (VIM) campuran laston Ac-Wc dengan variasi variasi filler serbuk bata merah dengan masing-masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Void in Mixture (VIM) dengan variasi filler

VIM (%)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	4,08	4,12
	II	3,27	3,70
	III	5,71	5,35
Rata-rata		4,35	4,39

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

E. Voids in Mineral Agregate (VMA)

Nilai voids in Mineral Agregate (VMA) campuran laston Ac-Wc normal dan laston menggunakan filler serbuk batah merah dengan masing-masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Hasil Voids in Mineral (VMA) dengan variasi filler

VMA (%)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	15,05	15,12
	II	14,33	14,76
	III	16,49	16,21
Rata-rata		15,29	15,36

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

F. Marshall Quotion (MQ)

Nilai Marshall Quotient (MQ) campuran laston AC-WC normal dan laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah dengan masing-masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Hasil Marshall Quotient (MQ) dengan variasi filler

MQ (Kg/mm)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	837,85	815,31
	II	953,22	845,92
	III	760,51	889,60
Rata-rata		850,53	850,28

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

G. Kepadatan (Density)

Nilai kepadatan (Density) campuran laston AC-WC normal dan laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah dengan masing- masing presentase sebesar 5% disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21 Hasil Kepadatan (Density) dengan variasi filler

Density (gr/ml)			
Kadar Filler	Benda Uji	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	I	2,35	2,33
	II	2,37	2,34
	III	2,31	2,30
Rata-rata		2,34	2,32

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

3. Perbandingan Hasil Pengujian Marshall pada Campuran Laston Normal dan Laston menggunakan Filler Serbuk Bata Merah

Dari hasil pengujian marshall di atas dapat diambil perbandingan secara keseluruhan dari campuran laston AC-WC normal dan campuran laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah yang ditunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Hasil Pengujian Marshall pada Campuran Laston AC-WC normal dan campuran laston AC-WC menggunakan filler serbuk bata merah

Kadar Filler	Karakteristik Marshall	Filler	
		Normal	Serbuk Bata Merah
5%	Stabilitas	2072,3 Kg	2044,2 Kg
	Flow	2,43 mm	2,41 mm
	VFA	71,81%	71,56%
	VIM	4,35%	4,39%
	VMA	15,29%	15,36%
	MQ	850,53 Kg/mm	850,28 Kg/mm
	Density	2,34 gr/ml	2,32 gr/ml

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

5. Kesimpulan

Sesuai dengan permasalahan, tujuan dan pembahasan pada hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian nilai karakteristik *marshall* sebelum dan sesudah menggunakan serbuk bata merah dengan menggunakan proporsi campuran yang sama maka sampel dengan menggunakan variasi kadar 5% memiliki nilai penurunan stabilitas 2072,3kg menjadi 2044,2kg, diikuti flow 2,43mm menjadi 2,41mm, dan VFA 71,81% menjadi 71,56%, mengalami kenaikan VIM 4,35% menjadi 4,39%, diikuti VMA 15,29% menjadi 15,36, mengalami penurunan pada Marshall quotient 850,53Kg/mm menjadi 850,28kg/mm, dan density 2,34gr/ml menjadi 2,32gr/ml. Sedangkan untuk kadar 6% mendapatkan penurunan nilai stabilitas yaitu 2072,5kg menjadi 1666,6kg, diikuti flow 2,18mm menjadi 1,90mm, dan VFA 74,27% menjadi 72,66%, mengalami kenaikan VIM 4,10% menjadi 4,25%, VMA mengalami penurunan 15,85% menjadi 15,24%, Marshall quotient sebesar 950,21 kg/mm menjadi 910,09kg/mm, dan density 2,34gr/ml menjadi 2,33gr/ml. Dan untuk kadar 7% mengalami penurunan nilai stabilitas yaitu 2303,1kg menjadi 2295,3kg, diikuti flow 1,85mm menjadi 1,83mm, VFA 72,78% menjadi 72,29%, kenaikan di nilai VIM 4,20% menjadi 4,25%, diikuti VMA 15,13% menjadi 15,24%, Marshall quotient juga menurun sebesar 1386,09kg/mm menjadi 1239,93kg/mm, dan density 2,36gr/ml menjadi 2,33gr/ml.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada campuran laston AC-WC dengan menggunakan *filler* serbuk bata merah didapatkan nilai *marshall* sebagai berikut:

Tabel 23. Hasil Marshall Test dengan Filler Serbuk Bata Merah

Kadar Filler	Stabilitas	Flow	VIM	VMA	VFA	MQ	density
5	2044,2	2,41	4,39	15,36	71,56	850,28	2,32

Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, 2021

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh pada penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran untuk melakukan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Masih perlu penelitian lebih lanjut mengenai “ pengaruh serbuk bata merah sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-WC terhadap karakteristik *marshall*”
2. Karena penelitian ini merupakan percobaan pengujian di laboratorium, maka diperlukan ketelitian dalam pengukuran bahan-bahan dan pembacaan data-data yang dihasilkan, penimbangan bahan dan material, dan perhitungan supaya dapat menghasilkan data-data

yang baik dan benar.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik aspal yang dipakai. Karena pada penelitian ini mengabaikan sifat atau kandungan dari aspal tersebut.
4. Dalam pembuatan benda uji untuk ditambah jumlah benda uji dan presentase variasi *filler* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat

Daftar Pustaka

- Albayati, A. H., & Abduljabbar, M. H. (2019). The simulation of short-term aging based on the moisture susceptibility of asphalt concrete mixtures. *Results in Engineering*, 2(February), 100012. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100012>
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.,(2018). Spsifikasi Umum Divisi 6 - Perkerasan Aspal.
- Dimas Reza Rahaditya.(2012). *Studi Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Perkerasan Hot Rolled Sheet – Wearing Course (Hrs-Wc)*. Skripsi. Universitas Jember.
- Dominggus Bakarbesy, dkk.(2019). *Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Beton (Laston)*. Jurnal Universitas Sains Dan Teknologi Jayapura. Volume 8 Nomor 1.
- Moch. Aminuddin, dkk. (2019). *Job Mix Laston (Ac-Bc) Menggunakan Bubuk Gypsum Dan Abu Bata Merah*. Jurnal Universitas Kediri.
- Mulugeta Alamnie, M., Taddesse, E., & Hoff, I. (2022). Thermo-piezo-rheological characterization of asphalt concrete. *Construction and Building Materials*, 329(January), 127106. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127106>
- Qiao, Y., Wang, Z., Meng, F., Parry, T., Cullen, J., & Liu, S. (2022). Jou. *Journal of Cleaner Production*, 133615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133615>
- Saragi, Y. R. R., Lumbangaol, P., Sidabutar, R. A., & Siahaan, B. S. (2017). Marshall Characteristics in Asphalt Concrete -Wearing Corse (AC-WC) in Various Length and Temperature Submersion. *Procedia Engineering*, 171, 1421–1428. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.460>
- Satria Arung Bangun Samodera, dkk.(2019). *Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton*. Jurnal Universitas Kediri. Volume 2 Nomor 2.
- SNI 03–1968–1990. (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- SNI 06–2489–1991. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*, Badan Standar Nasional, Jakarta.

- Sukirman, Silvia. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Nova, Bandung.
- Tremiño, R. M., Real-Herraiz, T., Letelier, V., & Ortega, J. M. (2021). Four-years influence of waste brick powder addition in the pore structure and several durability-related parameters of cement-based mortars. *Construction and Building Materials*, 306(August). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124839>
- Widojoko, L., & Purnamasari, P. E. (2012). Study the Use of Cement and Plastic bottle Waste as Ingredient Added to the Asphaltic Concrete Wearing Course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 43, 832–841. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.158>
- Yusep, Ida Farida.(2019). *Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (Acwc)*. Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut. Volume 17 Nomor 1.
- Zhong, K., Yang, X., & Wei, X. (2017). Investigation on surface characteristics of epoxy asphalt concrete pavement. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10(6), 545–552. <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.07.009>