

## **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH GENTENG TANAH SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN FILLER TERHADAP NILAI STABILITAS MARSHALL DENGAN PENGGUNAAN ASPAL PENETRASI 80/100 (AC- WC)**

Agil Kurniawan (agil.bram.ak@gmail.com)

Agus Juara (agusjuara182@gmail.com)<sup>2</sup>

Joko Adi Wicaksono (joko@fastikom-unsiq.ac.id)<sup>3</sup>✉

Eric Hardiansyah (erichardil@gmail.com)<sup>4</sup>

Arsweindo Bintang Putra Rohim (arsweindo.2023@mhs.unisda.ac.id)<sup>5</sup>

**Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an<sup>1,2,3</sup>✉**

**Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara<sup>4</sup>**

**Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Darul 'Ulum Lamongan<sup>5</sup>**

### **ABSTRAK**

Lapisan perkerasan merupakan komponen utama konstruksi jalan yang berfungsi menopang beban lalu lintas agar tercipta jalan yang aman dan nyaman. Namun, kerusakan jalan sering terjadi sebelum umur rencana akibat peningkatan volume kendaraan setiap tahun. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan aspal penetrasi 80/100 terhadap filler bubuk genteng tanah liat dan semen Portland, serta pengaruh penambahan bubuk genteng sebagai filler pada campuran aspal. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium P.T. Sutikno Tirta Kencana, Banjarnegara, Jawa Tengah, dengan variasi filler bubuk genteng 1% dan 2% terhadap berat total agregat, serta kadar aspal 6%. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall pada sampel briket aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filler bubuk genteng dan semen Portland berpengaruh terhadap karakteristik campuran. Peningkatan maksimum terjadi pada variasi bubuk genteng 1%: semen Portland 1%, dengan nilai flow 4,43 mm dan stabilitas 2256,6 kg, serta meningkatkan parameter Marshall lainnya secara signifikan.

**Kata kunci: lapisan perkerasan, aspal penetrasi 80/100, filler bubuk genteng**

### **ABSTRACT**

*Pavement layers are the main component of road construction that function to support traffic loads in order to create safe and comfortable roads. However, road damage often occurs before the planned service life due to the increasing number of vehicles each year. This study aims to determine the effect of using 80/100 penetration asphalt with clay roof tile powder and Portland cement as filler, as well as the effect of adding roof tile powder as filler in asphalt mixtures. The research was conducted at the Laboratory of P.T. Sutikno Tirta Kencana, Banjarnegara, Central Java, using roof tile powder filler variations of 1% and 2% of the total aggregate weight, with an asphalt content of 6%. Testing was carried out using the Marshall method on asphalt briquette samples. The results showed that the use of roof tile powder and Portland cement as filler affected the characteristics of the mixture. The maximum improvement occurred in the mixture variation of 1% roof tile powder: 1% Portland cement, with a flow value of 4.43 mm and stability of 2256.6 kg, and also significantly improved other Marshall parameters.*

**Keywords: pavement layer, 80/100 penetration asphalt, roof tile powder filler**

## PENDAHULUAN

Lapisan perkerasan merupakan bagian penting dalam konstruksi jalan yang berfungsi menopang beban lalu lintas kendaraan sehingga tercipta jalan yang aman dan nyaman bagi pengguna (Budiati, 2023). Keberadaan jalan yang baik sangat dibutuhkan untuk memperlancar mobilitas manusia dan distribusi barang tanpa hambatan. Namun, pada kenyataannya banyak kerusakan jalan terjadi sebelum mencapai umur rencana (Wijaya & Rahardjo, 2019). Kondisi ini umumnya disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan dari tahun ke tahun yang mengakibatkan beban lalu lintas semakin besar. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan kualitas campuran agregat aspal guna mencegah kerusakan dini seperti retak, alur roda (gouging/rutting), dan bleeding.

Di Indonesia, khususnya pada beberapa ruas jalan nasional, kualitas infrastruktur jalan pada dasarnya sudah cukup memadai, tetapi masih rentan mengalami kerusakan. Salah satu faktor yang diduga berpengaruh besar adalah curah hujan yang tinggi, yang dapat mempercepat penurunan kualitas perkerasan jalan (Batu et al., 2013). Air hujan yang masuk ke dalam lapisan perkerasan dapat melemahkan daya ikat antar material sehingga mempercepat timbulnya kerusakan. Untuk mengatasi kondisi tersebut, pemerintah pusat maupun daerah terus melakukan berbagai bentuk pemeliharaan jalan agar umur layanan jalan dapat dipertahankan dan keselamatan pengguna tetap terjamin.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas sarana dan prasarana transportasi jalan raya adalah dengan memodifikasi campuran pada lapisan perkerasan paling atas, yaitu Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) (Prawiro & Tarigan, 2014). Lapisan ini merupakan bagian yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, sehingga sangat menentukan tingkat kenyamanan, keamanan, dan ketahanan jalan terhadap beban lalu lintas maupun pengaruh cuaca. Modifikasi campuran pada lapisan AC-WC diharapkan mampu menghasilkan campuran aspal yang lebih kuat, stabil, dan tahan lama dalam melayani arus lalu lintas.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memperoleh campuran aspal berkualitas tinggi dengan variasi kadar aspal maupun bahan tambah tertentu. Dalam penelitian ini, upaya peningkatan mutu campuran dilakukan melalui penggunaan bahan pengisi (filler) alternatif (Irfan et al., 2022). Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018, bahan pengisi yang digunakan maksimum sebesar 3% terhadap berat agregat kering. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba memanfaatkan bubuk genteng tanah sebagai bahan pengisi dengan beberapa variasi komposisi, yaitu 1% genteng tanah: 2% semen, 1% genteng tanah : 1% semen, dan 2% genteng tanah: 1% semen. Variasi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing komposisi terhadap karakteristik campuran aspal (Zulfikar, 2021).

Penggunaan bubuk genteng tanah sebagai pengganti sebagian filler juga memiliki nilai tambah dari sisi lingkungan. Material ini berasal dari limbah genteng tanah hasil pembongkaran atap bangunan yang sudah tidak terpakai, kemudian dihancurkan hingga menjadi partikel halus (Rachman et al., 2021). Dengan demikian, pemanfaatan serbuk genteng tanah tidak hanya berpotensi meningkatkan kualitas campuran perkerasan jalan, tetapi juga menjadi bentuk daur ulang limbah konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan alternatif bahan pengisi yang ekonomis, mudah diperoleh, dan mendukung konsep pembangunan berkelanjutan.

## KAJIAN PUSTAKA

Lapisan Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan permukaan perkerasan lentur yang berfungsi menerima beban lalu lintas secara langsung dan melindungi lapisan di bawahnya dari pengaruh cuaca serta infiltrasi air (Gunawan Perdana et al., 2023). Campuran AC-WC tersusun atas agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal sebagai bahan pengikat. Kinerja campuran aspal sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya, terutama kemampuan

campuran dalam menahan deformasi, retak, dan kerusakan akibat beban berulang. Salah satu parameter penting untuk menilai mutu campuran beraspal adalah nilai stabilitas Marshall, yaitu kemampuan campuran dalam menerima beban maksimum sebelum mengalami keruntuhan plastis. Semakin baik susunan dan ikatan antar material dalam campuran, maka semakin tinggi pula nilai stabilitas yang dihasilkan (Fuad Hasan, Sofyan M. Saleh, 2018).

Filler merupakan material halus yang umumnya lolos saringan No. 200 (0,075 mm) dan berfungsi mengisi rongga di antara butiran agregat sehingga campuran menjadi lebih rapat dan padat. Selain itu, filler juga berperan dalam meningkatkan kekakuan campuran, memperbaiki adhesi antara aspal dan agregat, serta memengaruhi karakteristik volumetrik seperti VIM, VMA, dan VFB. Dalam campuran AC-WC, pemilihan jenis dan kadar filler harus diperhatikan karena sangat menentukan performa campuran. Penggunaan filler yang tepat dapat meningkatkan stabilitas, menurunkan rongga udara berlebih, dan memperbaiki ketahanan campuran terhadap perubahan suhu maupun pengaruh air (M. Da Gomez & Meutia, 2021). Oleh sebab itu, inovasi penggunaan bahan filler alternatif menjadi penting untuk dikaji dalam upaya meningkatkan kualitas lapisan perkerasan.

Salah satu bahan alternatif yang berpotensi digunakan sebagai filler adalah limbah genteng tanah. Limbah ini berasal dari pecahan atau sisa pembakaran genteng tanah yang tidak terpakai, kemudian dihancurkan hingga menjadi serbuk halus. Secara fisik, serbuk genteng tanah memiliki tekstur halus dan mengandung unsur mineral yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap kepadatan dan kekuatan campuran aspal. Pemanfaatan limbah genteng tanah juga sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan karena dapat mengurangi limbah konstruksi serta meningkatkan nilai guna material sisa (Zulfikar, 2021). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan material limbah sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian filler dapat memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik Marshall, terutama pada nilai stabilitas dan flow, selama digunakan dalam proporsi yang sesuai.

Aspal penetrasi 80/100 merupakan salah satu jenis aspal keras yang umum digunakan pada pekerjaan perkerasan jalan, khususnya pada kondisi iklim yang membutuhkan fleksibilitas cukup baik. Aspal ini memiliki sifat yang lebih lunak dibandingkan aspal dengan angka penetrasi yang lebih kecil, sehingga mampu memberikan daya ikat yang baik pada agregat dan mendukung kinerja campuran AC-WC (Iswandi et al., 2023). Dalam pengujian campuran beraspal, metode Marshall digunakan untuk mengetahui karakteristik utama campuran, seperti stabilitas, flow, Marshall Quotient, dan parameter volumetrik lainnya. Berdasarkan kajian tersebut, penggunaan limbah genteng tanah sebagai pengganti sebagian filler pada campuran AC-WC dengan aspal penetrasi 80/100 perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui sejauh mana material ini dapat meningkatkan nilai stabilitas Marshall dan menghasilkan campuran perkerasan yang efektif, ekonomis, serta ramah lingkungan (Alayubi & Franchitika, 2024).

## **METODE PENELITIAN**

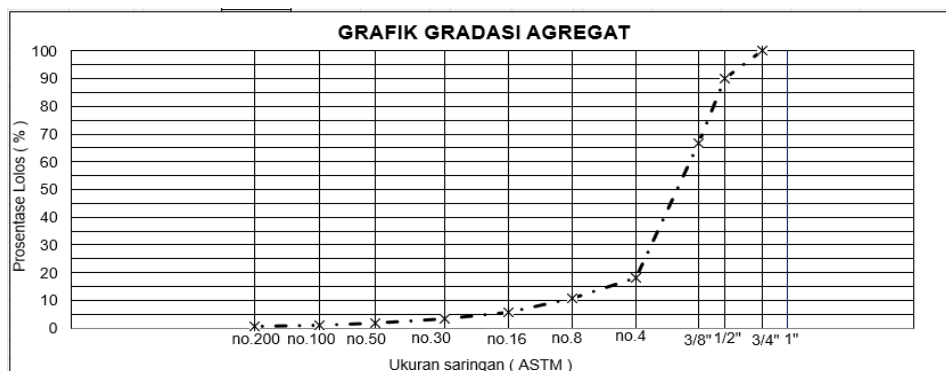
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah genteng tanah sebagai pengganti sebagian filler terhadap nilai stabilitas Marshall pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan penggunaan aspal penetrasi 80/100. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium P.T. Sutikno Tirta Kencana yang berlokasi di Desa Jenggawur, Kecamatan Banjarnangu, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Bahan yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 80/100, semen Portland, dan bubuk genteng tanah yang diperoleh dari limbah genteng tanah yang telah dihancurkan hingga menjadi partikel halus. Variasi bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada batas maksimum filler menurut Spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu sebesar 3% terhadap berat agregat kering, dengan komposisi campuran 1% genteng tanah : 2% semen, 1% genteng tanah : 1% semen, dan 2% genteng tanah : 1% semen, serta kadar aspal tetap sebesar 6%.

Tahapan penelitian diawali dengan persiapan bahan, pemeriksaan sifat fisik agregat, dan pembuatan campuran aspal sesuai variasi yang telah ditentukan. Selanjutnya, campuran dibuat menjadi benda uji briket aspal dan dipadatkan menggunakan alat pemadat Marshall sesuai prosedur standar. Setelah itu, benda uji direndam dan diuji dengan metode Marshall untuk memperoleh nilai stabilitas, flow, serta parameter campuran lainnya seperti VIM, VMA, VFB, dan Marshall Quotient (MQ). Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif komparatif dengan membandingkan hasil setiap variasi campuran untuk mengetahui komposisi filler yang memberikan kinerja terbaik terhadap karakteristik campuran AC-WC. Dengan metode ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai pengaruh pemanfaatan limbah genteng tanah terhadap mutu campuran perkerasan jalan.

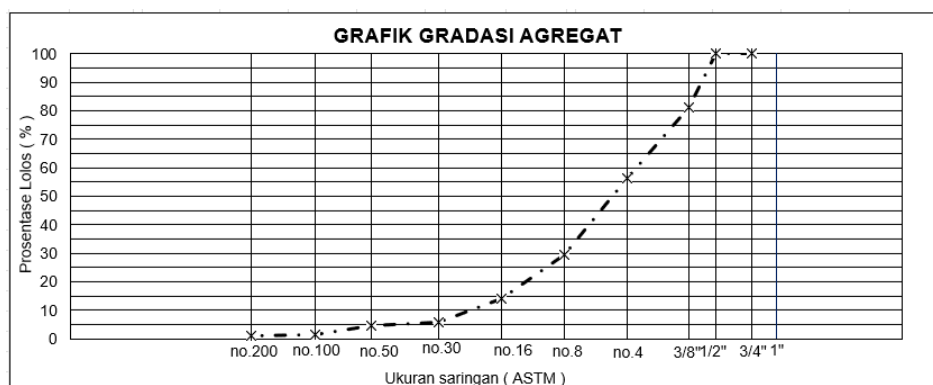
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Gradasi Agregat

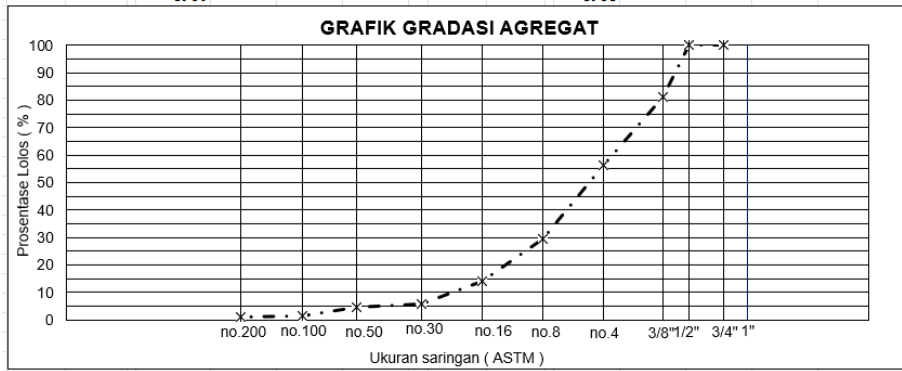
Pengujian gradasi agregat kasar untuk campuran AC-WC menggunakan batu pecah dari PT. Sutikno Tirta Kencana, yang terletak di Desa Jenggawur, Kec. Banjarmangu, Kab. Banjarnegara yang berasal dari Sungai Serayu di tunjukan dalam grafik hasil pengujian gradasi sebagai berikut:



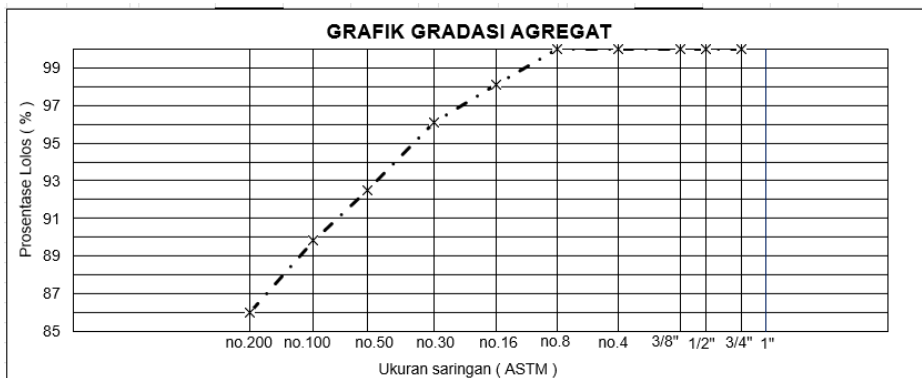
Gambar 1 Hubungan Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 1-2



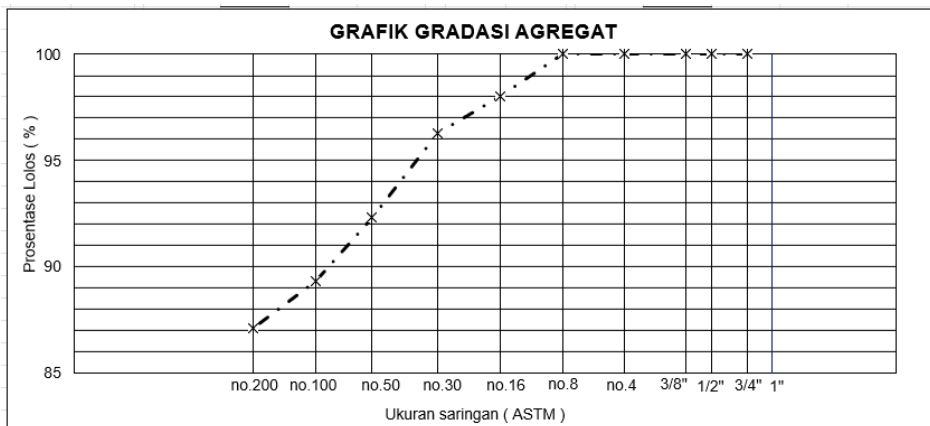
Gambar 2 Hubungan Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 0,5



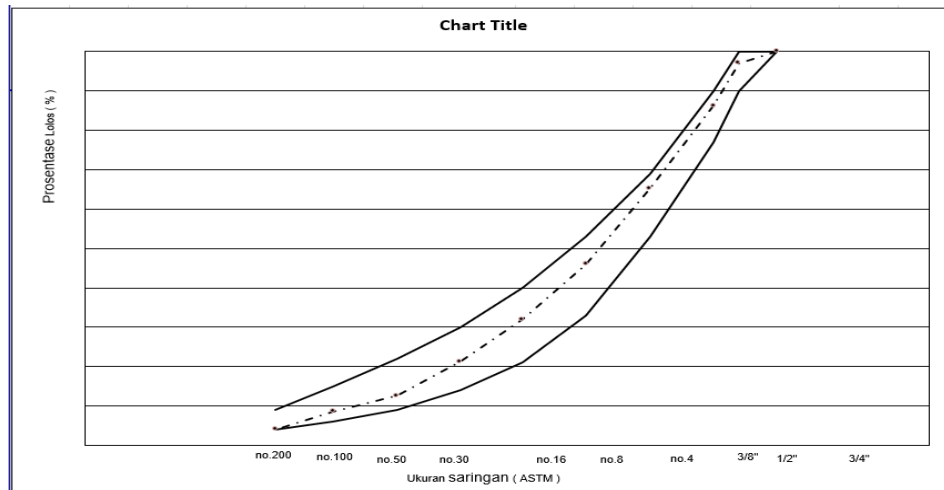
Gambar 3 Hubungan Persentase Lolos Agregat Halus/Abu Batu



Gambar 4 Hubungan Persentase Lolos Filler Semen Portland



Gambar 5 Hubungan Persentase Lolos Filler Bubuk Genteng



Gambar 6 Hubungan Persentase Lolos Gradasi Gabungan

Tabel 1 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar berupa batu pecah 1/2

Agregat Kasar 1/2			Agregat Kasar 1/2		
Gradasi Pemeriksaan Sample 1		500 putaran	Gradasi Pemeriksaan Sample 2		500 Putaran
Ukuran Saringan			Ukuran Saringan		
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Lolos	Tertahan	Berat (a)
76,2 (3")	63,5 (2,5")		2500	76,2 (3")	
63,5 (2,5")	50,8 (2")	63,5 (2,5")		50,8 (2")	
50,8 (2")	36,1 (1,5")	50,8 (2")		36,1 (1,5")	
36,1 (1,5")	25,4 (1")	36,1 (1,5")		25,4 (1")	
25,4 (1")	19,1 (3/4")	25,4 (1")		19,1 (3/4")	
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	19,1 (3/4")		12,7 (1/2")	
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	12,7 (1/2")		9,52 (3/8")	
9,52 (3/8")	4,75 (No. 4")	9,52 (3/8")		4,75 (No. 4")	
4,75 (No. 4")	2,36 (No. 8")	4,75 (No. 4")		2,36 (No. 8")	
<b>Jumlah Berat (a)</b>		5000		<b>Jumlah Berat (a)</b>	
<b>Berat Tertahan Saringan No. 12 Sesudah Pengujian (b)</b>		4025	<b>Berat Tertahan Saringan No. 12 Sesudah Pengujian (b)</b>		4007

### Penentuan Kadar Aspal Optimum (Pb)

Penentuan kadar aspal dapat ditentukan menggunakan rumus pada persamaan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 1. \quad Pb &= 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%FF) \\
 &= 0,035 \times (54,38\%) + 0,045 \times (39,77\%) + 0,18 \times (5,85\%) \\
 &= 4,75\%
 \end{aligned}$$

$$2. \quad K = 0,5 - 1,0\%$$

$$\text{Perkiraan Kadar Aspal} = 4,75\% + 1,00\% = 5,75\% = 6\%$$

Keterangan:

- Pb = Kadar aspal rencana awal, % terhadap berat campuran
- CA = Agregat kasar, % terhadap agregat tertahan saringan no. 8
- FA = Agregat kasar, % terhadap agregat lolos saringan no. 8
- FF = Agregat halus, % tertahan saringan no. 200
- K = Konstanta berkisar antara 0,5% - 1,0%

### Perhitungan Berat Jenis Sampel

Sebelum dilakukan Uji Marshall perlu terlebih dahulu dicari Berat Jenis Bulk Campuran (Gmb), Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm) kemudian dilakukan pengujian Marshall dengan langkah sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Berat Jenis Bulk Campuran (Gmb)

No.	Benda Uji	K. Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Gmb)
			Di Udara	Dalam Air	SSD		
Perendama 30 Menit							
1.	I	6	1155	665	1182	517	2,234
	II	6	1185	644	1200	556	2,131
	II	6	1152	686	1194	508	2,268
<b>Rata-rata</b>							<b>2,211</b>
Perendaman 24 jam							
2.	I	6	1175	678	1202	524	2,242
	II	6	1185	665	1186	521	2,274
	II	6	1189	676	1198	522	2,278
<b>Rata-rata</b>							<b>2,265</b>

Tabel 3 Hasil Perhitungan Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)

No.	Aspal Pen. 80/100			
C	Berat Sampel		gr	500
B	Berat Botol + Air		gr	(Sesudah Gmm) 1568,4
E	Berat Botol + Air + Sampel		gr	1836,0
<b>Gmm</b>			$\frac{C}{(C + E) - B}$	<b>2,415</b>

### Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall rata-rata ditunjukkan pada tabel dibawah ini dengan membandingkan ketentuan sifat-sifat campuran Lapisan Aspal Beton (LASTON).

Tabel 4 Nilai VIM (*Voids in the Mix*)

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai VIM
2:1	I	6,0	4,70
	II	6,0	3,34
	III	6,0	3,19
	<b>Rata rata</b>		<b>3,74</b>
1:1	I	6,0	4,02
	II	6,0	4,07
	III	6,0	4,12
	<b>Rata rata</b>		<b>4,07</b>
1:2	I	6,0	4,09
	II	6,0	4,68
	III	6,0	2,73
	<b>Rata rata</b>		<b>3,83</b>
N	I	6,0	4,92
	II	6,0	4,00
	III	6,0	4,02
	<b>Rata rata</b>		<b>4,32</b>

Tabel 5 Nilai VMA (*Voids In Mineral Aggregate*)

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai VMA
2:1	I	6,0	17,38
	II	6,0	16,19
	III	6,0	16,07
	<b>Rata rata</b>		<b>16,55</b>
1:1	I	6,0	16,79
	II	6,0	16,83
	III	6,0	16,87
	<b>Rata rata</b>		<b>16,83</b>
1:2	I	6,0	16,85
	II	6,0	17,36
	III	6,0	15,67
	<b>Rata rata</b>		<b>16,62</b>
N	I	6,0	17,57
	II	6,0	16,77
	III	6,0	16,79
	<b>Rata rata</b>		<b>17,05</b>

Tabel 6 Nilai VFB (*Void Filled by Bitume*)

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai VFB
2:1	I	6,0	72,95
	II	6,0	79,40
	III	6,0	80,12
	<b>Rata rata</b>		<b>77,49</b>
1:1	I	6,0	76,05
	II	6,0	75,83
	III	6,0	75,59
	<b>Rata rata</b>		<b>75,82</b>
1:2	I	6,0	75,74
	II	6,0	73,05
	III	6,0	82,58
	<b>Rata rata</b>		<b>77,13</b>
N	I	6,0	71,98
	II	6,0	76,13
	III	6,0	76,05
	<b>Rata rata</b>		<b>74,72</b>

Tabel 7 Nilai Stabilitas Marshall

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai Stabilitas
2:1	I	6,0	1745,2
	II	6,0	1895,7
	III	6,0	1985,9
	<b>Rata rata</b>		<b>1875,6</b>
1:1	I	6,0	2407,2
	II	6,0	2347,0
	III	6,0	2016,8
	<b>Rata rata</b>		<b>2256,8</b>
1:2	I	6,0	2617,8
	II	6,0	2557,7
	III	6,0	2166,5
	<b>Rata rata</b>		<b>2447,3</b>
N	I	6,0	2196,6
	II	6,0	2617,8
	III	6,0	1985,9
	<b>Rata rata</b>		<b>2266,8</b>

Tabel 8 Nilai Flow

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai Flow
2:1	I	6,0	3,70
	II	6,0	3,10
	III	6,0	3,40
	<b>Rata rata</b>		<b>3,40</b>
1:1	I	6,0	6,80
	II	6,0	3,10
	III	6,0	3,40
	<b>Rata rata</b>		<b>4,43</b>
1:2	I	6,0	3,70
	II	6,0	3,10
	III	6,0	3,40
	<b>Rata rata</b>		<b>3,40</b>
N	I	6,0	3,60
	II	6,0	5,70
	III	6,0	3,40
	<b>Rata rata</b>		<b>4,23</b>

Tabel 9 Nilai MQ (Marshall Quotient)

No.	Benda Uji	Kadar Aspal	Nilai MQ
2:1	I	6,0	471,7
	II	6,0	611,5
	III	6,0	584,1
	<b>Rata rata</b>		<b>555,76</b>
1:1	I	6,0	354,0
	II	6,0	757,1
	III	6,0	593,0
	<b>Rata rata</b>		<b>568,02</b>
1:2	I	6,0	707,5
	II	6,0	825,0
	III	6,0	637,2
	<b>Rata rata</b>		<b>723,26</b>
N	I	6,0	610
	II	6,0	459,3
	III	6,0	584,1
	<b>Rata rata</b>		<b>551,18</b>

### Hasil Pengujian

Hasil pengujian Marshall terhadap campuran lapisan aspal nilai VIM (*Voids In the Mix*), VMA (*Voids In Mineral Agregat*), VFB (*Void Filled by Bitume*), Stabilitas (*Stability*), Kelelehan (*Flow*), dan MQ (*Marshall Quotient*) pada masing-masing jenis aspal dan kadar aspal dibuat 4 benda uji, seperti pada tabel berikut:

Tabel 10 Rangkuman Hasil Pengujian Marshall

No	Jenis pemeriksaan	Spesifikasi AC-WC	Filler				Keterangan
			2:1	1:1	1:2	N	
1	Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	3-5	3,74	4,07	3,83	4,32	Masuk
2	Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min. 14	16,55	16,84	16,64	17,05	Masuk
3	Rongga Terisi Aspal (VFB) (%)	Min. 65	87,22	75,84	77,14	74,72	Masuk
4	Stabilitas ( <i>Stability</i> ) (%)	Min. 1800	1875,6	2256,8	1875,6	1875,6	Masuk
5	Kelelehan ( <i>Flow</i> ) (kg)	Min.3,0	3,40	4,43	3,40	4,23	Masuk

No	Jenis pemeriksaan	Rangkuman Hasil Pengujian <i>Marshall</i>					Keterangan
		Spesifikasi AC-WC	2:1	1:1	Filler 1:2	N	
6	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250	555,8	568,0	723,3	551,2	Masuk
7	Kadar Aspal (%)	4-7	6,0	6,0	6,0	6,0	Masuk
8	Prosentase Stabilitas Setelah Perendaman (%)	Min. 90	96,89	97,83	96,06	97,84	Masuk

### Pembahasan

Dari hasil kombinasi agregat, untuk menentukan kadar aspal rencana didapat kadar aspal rencana 6,0%, dengan kadar filler yang digunakan yaitu 2% semen portland: 1% bubuk genteng, 1% semen Portland: 1% bubuk genteng, dan 1% semen portland: 2% bubuk genteng untuk perbandingan, karena kadar filler tersebut sifat-sifat campurannya telah memenuhi spesifikasi berdasarkan dari garfik rekapitulasi hasil kriteria Marshall yang sudah diperoleh diantaranya yaitu:

#### 1. Kadar *Filler* 2% Semen Portland dan 1% Bubuk Genteng

Aspal Penetrasi 80/100 nilai VIM = 3,74%, VMA = 16,55%, VFB = 87,22%, Stabilitas = 1875,6 kg, *Flow* = 3,40 mm, MQ = 555,8 kg/mm, dan nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman = 96,89% dimana dari nilai sifat-sifat campuran yang diperoleh untuk kombinasi kadar aspal 6,0% telah memenuhi spesifikasi yang ada, untuk Aspal Penetrasi 80/100.

#### 2. Kadar *Filler* 1% Semen Portland dan 1% Bubuk Genteng

Aspal Penetrasi 80/100 diperoleh nilai VIM = 4,07%, VMA = 16,83%, VFB = 75,782%, Stabilitas = 2256,8 kg, *Flow* = 4,43 mm, MQ = 568,0 kg/mm, dan nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman = 97,83% dari nilai sifat-sifat campuran yang diperoleh dengan kadar aspal 6,0% telah memenuhi spesifikasi yang ada.

#### 3. Kadar *Filler* 1% Semen Portland dan 2% Bubuk Genteng

Aspal Penetrasi 80/100 diperoleh nilai VIM = 3,83%, VMA = 16,62%, VFB = 77,13%, Stabilitas = 1875,6 kg, *Flow* = 3,40 mm, MQ = 732,3 kg/mm, dan nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman = 96,06% dari nilai sifat-sifat campuran yang diperoleh untuk kadar aspal 6,0% untuk Aspal Penetrasi 80/100 memenuhi spesifikasi.

#### 4. Kadar *Filler* 0% atau Normal

Aspal Penetrasi 80/100 diperoleh nilai VIM = 4,32%, VMA = 17,05%, VFB = 74,72%, Stabilitas = 1875,6 kg, *Flow* = 4,23 mm, MQ = 551,2 kg/mm, dan nilai Stabilitas *Marshall* setelah perendaman = 97,84%, dari nilai yang diperoleh untuk campuran aspal dengan kadar *filler* 0% atau normal telah memenuhi spesifikasi.

### Pengaruh Penggunaan Aspal Penetrasi 80/100 Terhadap Campuran

Berdasarkan hasil uji masing - masing sampel, pengaruh dari penggunaan aspal penetrasi 80/100 terhadap penambahan *filler* bubuk genteng tanah, terlihat dari karakter dan nilai VIM paling tinggi terdapat pada *filler* 1:1, VMA tertinggi ada pada *filler* normal, VFB diatas spesifikasi adap pada campuran *filler* 2:1, *Stabilitas* terbaik ada pada *filler* 1:1, *Flow* tertinggi adap pada *filler* 1:1, dan MQ tertinggi ada pada campuran *filler* 1:2 yang meningkat serta memenuhi spesifikasi.

### Campuran Dengan Nilai *Flow* Dan Stabilitas Maksimum

Berdasarkan pembahasan campuran dari 2% semen portland:1% bubuk genteng, 1% semen portland :1% bubuk genteng, 1% semen portland: 2% bubuk genteng dan juga 0% atau normal, semua campuran masuk spesifikasi, dan untuk hasil *maksimum* didapat pada campuran 1% semen portland: 1% bubuk genteng, dengan hasil VIM = 3,83%, VMA = 16,62%, VFB = 77,13%,

*Stabilitas* = 22,56,8 kg, *Flow* = 3,43 mm, *MQ* = 732,3 kg/mm, dan nilai *Stabilitas Marshall setelah perendaman* = 96,06%.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall, seluruh variasi campuran memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Namun, variasi komposisi filler memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran, baik dari segi volumetrik maupun mekanis.

Nilai VIM, VMA, dan VFB menunjukkan bahwa penambahan filler bubuk genteng berperan dalam mengisi rongga antar agregat sehingga meningkatkan kepadatan campuran. Variasi 1% genteng: 1% semen menghasilkan nilai volumetrik yang paling seimbang, yang menunjukkan distribusi rongga dan kadar aspal yang optimal dalam campuran.

Pada parameter mekanis, nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada variasi 1% genteng: 1% semen sebesar 2256,8 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi filler tersebut mampu meningkatkan kekuatan campuran melalui peningkatan kepadatan dan adhesi antara aspal dan agregat. Nilai flow sebesar 4,43 mm pada variasi ini juga menunjukkan bahwa campuran memiliki fleksibilitas yang cukup tanpa kehilangan kekakuan. Sementara itu, pada variasi dengan kadar bubuk genteng yang lebih tinggi, peningkatan nilai MQ tidak selalu diikuti oleh peningkatan stabilitas, yang mengindikasikan adanya ketidakseimbangan struktur campuran akibat kelebihan filler.

Secara keseluruhan, variasi 1% genteng: 1% semen memberikan kinerja terbaik karena mampu menghasilkan keseimbangan antara kekuatan, fleksibilitas, dan karakteristik volumetrik campuran. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena menggunakan kadar aspal tetap sebesar 6% tanpa penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO), sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan variasi kadar aspal untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah bubuk genteng tanah sebagai pengganti sebagian filler pada campuran AC-WC dengan aspal penetrasi 80/100 memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall, terutama pada parameter stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ). Hal ini menunjukkan bahwa filler berperan dalam meningkatkan kepadatan dan kualitas ikatan antara aspal dan agregat.
2. Seluruh variasi campuran dengan komposisi filler 2:1, 1:1, 1:2, dan campuran normal memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, baik dari segi parameter volumetrik (VIM, VMA, VFB) maupun parameter mekanis (stabilitas, flow, dan MQ).
3. Komposisi filler optimum diperoleh pada variasi 1% bubuk genteng : 1% semen Portland, dengan nilai stabilitas sebesar 2256,8 kg dan flow sebesar 4,43 mm, yang menunjukkan keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas campuran.

## Daftar Pustaka

- Alayubi, S., & Franchitika, R. (2024). Analisis Kelayakan Abu Batu Lava sebagai Bahan Pengganti Filler pada Campuran Aspal. *SMART: Jurnal Teknik Sipil, Manajemen Konstruksi, Dan Arsitektur*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.24114/smart.v2i1.58247>
- Batu, D. A., Filler, S., Dalam, D., Memenuhi, R., Satu, S., Program, P., Teknik, M., & Oleh, S. (2013). *Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland*.
- Budiati, A. (2023). Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton ( Laston ) Untuk Lalu Lintas. *Jurnal Inter Tech*, 1(1), 18–21.
- Fuad Hasan, Sofyan M. Saleh, R. A. (2018). Dampak Substitusi Filter Rokok ke Dalam Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 593–604. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JTS/article/view/9998>
- Gunawan Perdana, M., Abdurrahman, A., & Wahyuni, A. N. (2023). Pengaruh Penggunaan

- Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Lapis Aus Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course). *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(2), 232. <https://doi.org/10.31602/jk.v6i2.13034>
- Irfan, M., Kusuma, F. R., Budirahardjo, S., & Husodo, I. T. (2022). Pemanfaatan Batu Blondos Sungai Loning Desa Mluweh Kec. Ungaran Timur Kab. Semarang Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran Aspal Porous. *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRIS*, 3(1), 45–56. <https://doi.org/10.26877/goratory.v3i1.12852>
- Iswandi, N. S., Darma, Y., & M. Saleh, S. (2023). Perendaman Produk Minyak Bumi Terhadap Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Styrofoam sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70. *Journal of The Civil Engineering Student*, 5(3), 281–287. <https://doi.org/10.24815/journalces.v5i3.12268>
- M. Da Gomez, L., & Meutia, W. (2021). Penggunaan Filler Abu Serbuk Kayu Kelapa Pada Aspal Beton Ac-Wc. *Jurnal ARTESIS*, 1(2), 161–166. <https://doi.org/10.35814/artesis.v1i2.3222>
- Prawiro, B., & Tarigan, N. P. O. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus dengan Tambahan Gilsonite. *Jurnal Tugas Akhir Universitas Brawijaya*.
- Rachman, F., Syammaun, T., & Heikal, F. (2021). Pengaruh Limbah Batu Bara Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dan Indek Kekuatan Sisa Pada Campuran Aspal Beton Ac-Wc. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 8(1), 23–33. <https://doi.org/10.37598/tameh.v8i1.64>
- Wijaya, P. H., & Rahardjo, B. (2019). *Hubungan Kadar Aspal Dengan Variasi Kadar Fill-*. 24(2), 9–18.
- Zulfikar, I. (2021). Penggunaan Abu Batubara Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton Ac - Wc. *Jurnal ARTESIS*, 1(1), 31–36. <https://doi.org/10.35814/artesis.v1i1.2705>