

## Analisis Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (Ac – Wc) Dengan Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone Untuk Perkerasan Jalan

Arya Subayu<sup>1</sup>, Bagas Prasetya Galih Perdana<sup>2</sup>, Juny Andry Sulisty<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Email: [ariasubayu13@gmail.com](mailto:ariasubayu13@gmail.com)

---

### Article Info

#### Article history:

Received April 15, 2026

Revised April 23, 2026

Accepted Mei 01, 2026

---

#### Keywords:

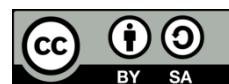
AC-WC, Marshall, RAP,  
Limestone

---

### ABSTRACT

Peningkatan volume lalu lintas dan umur layanan jalan mendorong perlunya inovasi dalam pemanfaatan material perkerasan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone pada campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan RAP dan Limestone terhadap karakteristik campuran AC-WC serta menentukan komposisi yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan variasi RAP 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone 0%, 3%, 5%, dan 7%. Pengujian meliputi parameter Marshall yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB, dan Marshall Quotient (MQ). Pada hasil penelitian didapatkan nilai berdasarkan parameter marshall yaitu: Didapatkan untuk nilai stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) tertinggi terdapat pada variasi campuran RAP 8% dan Limestone 7% dengan nilai stabilitas sebesar 1001,33 kg dan nilai MQ 317, 88 kg/mm. Untuk nilai flow dan VIM tertinggi terdapat pada variasi campuran RAP 0% dan Limestone 7% dengan nilai flow sebesar 3,42 mm dan nilai VIM sebesar 4,67%. Untuk nilai VMA tertinggi terdapat pada variasi RAP 12% dan Limestone 5%, untuk nilai VFB tertinggi pada variasi RAP 12% dan Limestone 7% dengan nilai VMA sebesar 18,89% dan nilai VFB sebesar 80,45%.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



---

### Article Info

#### Article history:

Received April 15, 2026

Revised April 23, 2026

Accepted Mei 01, 2026

---

#### Keywords:

AC-WC, Marshall, RAP,  
Limestone

---

### ABSTRACT

*The increase in traffic volume and the aging of pavement service life require innovation in the use of more efficient and sustainable pavement materials. One alternative that can be applied is the utilization of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) and limestone in Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) mixtures. This study aims to analyze the effect of RAP and limestone addition on the characteristics of AC-WC mixtures and to determine the composition that meets the General Specifications of Bina Marga. The research was conducted experimentally in the laboratory using 60/70 penetration grade asphalt with RAP variations of 0%, 4%, 8%, and 12%, and limestone variations of 0%, 3%, 5%, and 7%. Testing was carried out based on Marshall parameters, including stability, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Bitumen (VFB), and Marshall Quotient (MQ). The results showed that the highest stability and Marshall Quotient (MQ) values were obtained at 8% RAP and 7% limestone, with a stability value of*

1001.33 kg and an MQ value of 317.88 kg/mm. The highest flow and VIM values were found at 0% RAP and 7% limestone, with a flow value of 3.42 mm and a VIM value of 4.67%. The highest VMA value was obtained at 12% RAP and 5% limestone, while the highest VFB value was found at 12% RAP and 7% limestone, with a VMA value of 18.89% and a VFB value of 80.45%.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



**Corresponding Author:**

Arya Subayu  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang  
Email: [ariasubayu13@gmail.com](mailto:ariasubayu13@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat. Jalan yang baik dan berkualitas mampu memperlancar distribusi barang dan jasa, serta meningkatkan konektivitas antarwilayah. Namun, seiring meningkatnya volume lalu lintas dan bertambahnya umur pelayanan jalan, perkerasan jalan mengalami kerusakan yang menuntut adanya perbaikan maupun rekonstruksi. Upaya perbaikan tersebut sering kali membutuhkan biaya yang besar dan material baru dalam jumlah yang tidak sedikit. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pemanfaatan kembali material hasil bongkaran perkerasan lama untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya alam baru (Rabihati et al., 2025).

Salah satu pendekatan yang kini banyak dikembangkan adalah pemanfaatan limbah aspal atau Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Material ini berasal dari hasil pengupasan lapisan perkerasan lama yang masih mengandung agregat dan aspal dengan kualitas tertentu. Penggunaan RAP dalam campuran aspal baru dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan. Selain mengurangi limbah konstruksi, pemanfaatan Course (AC – WC) dipilih karena merupakan lapisan teratas pada perkerasan lentur yang langsung menerima beban lalu lintas dan paparan cuaca, RAP juga dapat menekan kebutuhan agregat baru serta mengurangi eksploitasi sumber daya alam (Naik et al., 2024).

Dalam penelitian ini menggunakan campuran Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC), campuran ini harus memiliki karakteristik kuat, tahan aus, dan stabil secara struktural. Untuk meningkatkan kinerja campuran yang mengandung RAP, digunakan Batu Kapur (Limestone) sebagai salah satu bahan agregat. Batu kapur dipilih karena ketersediaannya yang melimpah di berbagai daerah Indonesia, serta memiliki sifat adhesi yang baik terhadap aspal, sehingga berpotensi meningkatkan ikatan antarpartikel dalam campuran.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanfaatan limbah aspal (RAP) dan Limestone terhadap karakteristik campuran AC – WC, terutama dari segi stabilitas, kelelahan, dan nilai Marshall Quotient. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai komposisi optimum penggunaan RAP dan Limestone agar campuran AC – WC tetap memenuhi spesifikasi teknis yang berlaku. Secara praktis, penelitian ini

diharapkan dapat mendukung penerapan konsep pembangunan berkelanjutan (sustainable development) di bidang teknik sipil, khususnya dalam rekayasa bahan perkerasan jalan. Pemanfaatan material daur ulang seperti RAP tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga memberikan efisiensi biaya pembangunan dan pemeliharaan jalan di masa mendatang. Sehingga penulis mengangkat judul “Analisis Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone Untuk Perkerasan Jalan”, sebagai judul tugas akhir ini.

## **METODE PENELITIAN**

Metodologi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali (Sugiyono, 2006:80). Metode penelitian eksperimen adalah suatu pendekatan penelitian yang digunakan untuk mengetahui adanya hubungan sebab dan akibat antara dua variabel atau lebih dengan cara memberikan perlakuan tertentu terhadap variabel bebas, kemudian mengamati pengaruhnya terhadap variabel terikat.

Dalam metode ini, peneliti secara sengaja mengontrol dan memanipulasi kondisi tertentu agar dapat menilai sejauh mana perubahan yang terjadi merupakan akibat dari perlakuan yang diberikan, bukan karena faktor luar yang tidak dikendalikan. Metode ini biasanya dilakukan dengan membagi objek penelitian ke dalam dua atau lebih kelompok, seperti kelompok eksperimen (yang mendapatkan perlakuan) dan kelompok kontrol (yang tidak mendapatkan perlakuan), sehingga hasilnya dapat dibandingkan secara objektif. Tujuan utama dari penelitian eksperimen adalah untuk memperoleh data yang valid dan dapat digunakan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan ilmiah mengenai pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, yang mencakup proses pembuatan sampel uji, pelaksanaan eksperimen laboratorium, penyusunan materi penelitian, serta evaluasi komposisi aspal. Pada tahap penyediaan bahan, material yang kami gunakan diambil dari Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang. Semua proses pembuatan benda uji dan properti material, uji aspal, dan pengujian marshall dilakukan di Laboratorium Transportasi Jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Untuk material aspal yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jenis aspal Penetrasi/PEN 60/70 yang juga diperoleh dari Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang.



**Gambar 4. 1** Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### 4.1.1 Abrasi

Pengujian Abrasi menggunakan mesin Los Angeles yang tujuannya untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap keausan. Metode pengujian abrasi ini sesuai dengan SNI 2417:2008 dengan jumlah 100 putaran maksimal 6%.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Abrasi

Ukuran Saringan		Gradasi I		Gradasi II	
		Berat Sebelum	Berat Sesudah	Berat Sebelum	Berat Sesudah
Lolos	Tertahan	( AL )	( B )	( AL )	( B )
2"	1 1/2"	-	-	-	-
1 1/2"	1"	-	-	-	-
1"	3/4"	-	-	-	-
3/4"	1/2"	2500	2386	2500	2355
1/2"	3/8"	2500	2428	2500	2453
3/8"	# 4	-	-	-	-
# 4	# 8	-	-	-	-
Berat Total		5000	<b>4814</b>	5000	<b>4808</b>
Berat Tertahan no. 12		-	-	-	-

Perhitungan pengujian nilai abrasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{AL-B}{AL} \times 100$$

a. Sampel I

$$AL = 5000 \text{ gr}$$

$$B = 4814 \text{ gr}$$

$$AL-B = 186 \text{ gr}$$

$$\text{Keausan} = \frac{5000-4814}{5000} \times 100$$

$$= 3,72\%$$

b. Sampel II

$$AL = 5000 \text{ gr}$$

$$B = 4808 \text{ gr}$$

$$AL-B = 192 \text{ gr}$$

$$\text{Keausan} = \frac{5000-4808}{5000} \times 100$$

$$= 3,84\%$$

$$\text{Kealusan rata-rata} = \frac{3,72+3,84}{2} \\ = 3,78\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapatkan bahwa keausan rata-rata yang diperoleh sebesar 3,78%. Dapat disimpulkan bahwa pengujian abrasi ini memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2417:2008, dimana untuk 100 putaran maksimal 6%.

#### 4.1.2 Analisa Saringan

Umumnya Analisa Saringan bertujuan untuk menentukan pembagian/gradasi butiran agregat, meliputi agregat kasar, medium, halus, dan filler. Jika gradasi agregat mempunyai ukuran yang seragam, maka terbentuk volume pori besar. Namun jika ukuran butiran bervariasi akan terbentuk volume pori yang kecil. Dikarenakan butiran yang ukurannya lebih kecil nantinya mengisi rongga yang terbentuk di antara pori yang besar, dan nantinya rongga porinya akan menjadi berkurang karena tertutup, dengan kata lain kemampatannya bertambah rapat.

##### a. Agregat Kasar $\frac{3}{4}$ "

Coarse Agregat atau agregat kasar merupakan fraksi yang lolos saringan  $1\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$  (37,5 – 19 mm) dan fraksi yang tertahan mulai dari saringan  $\frac{1}{2}$  (12,5 mm) sampai dengan saringan #200 (0,075 mm), dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4. 2** Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar  $\frac{3}{4}$ "

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE	Percobaan 02		
		TERTAHAN		LoLO S		TERTAHAN		LoLOS
		gr	%	%		gr	%	%
<i>inch</i>	mm				<i>inch</i>			
1 1/2"	37,5	-	-	-	1 1/2"	-	-	-
1"	25,0	-	-	-	1"	-	-	-
3/4"	19,0	-	-	100,00	3/4"	-	-	100,00
1/2"	12,5	860	28,67	71,33	1/2"	739	24,65	75,35
3/8"	9,5	2.277	75,89	24,11	3/8"	2.203	73,45	26,55
# 4	4,75	2.955	98,49	1,51	# 4	2.954	98,45	1,55
# 8	2,36	2,966	98,87	1,13	# 8	2.970	99,02	0,98
# 16	1,15	2.991	99,71	0,29	# 16	2.993	99,78	0,22
# 30	0,6	2.992	99,74	0,26	# 30	2.993	99,78	0,22
# 50	0,3	2,993	99,76	0,24	# 50	2.993	99,78	0,22
#100	0,15	2,993	99,76	0,24	#100	2.993	99,78	0,22
# 200	0,075	2,993	99,76	0,24	# 200	2.993	99,78	0,22

<i>Weight of Sample (gr)</i>	3.000		3.000
------------------------------	-------	--	-------

Pada Analisa saringan agregat kasar ¾” sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos saringan ¾” (19 mm) dan tertahan pada saringan ½ (12,5 mm) sebanyak 73,35%, dan 25,33% dari sampel total analisa saringan merupakan agregat lolos saringan 3/8 (9,5 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak 1,53%.

**b. Agregat Kasar ½”**

Medium agregat atau agregat kasar ½” (12,5 mm) merupakan fraksi yang lolos saringan 1 ½ - ½ (37,5 – 12,5 mm) dan fraksi yang tertahan mulai dari saringan 3/8 (9,5 mm) sampai dengan saringan #200 (0,075 mm), dapat dilihat pada Tabel 4.3

**Tabel 4. 3** Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar ½”

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobalah 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE	Percobalah 02		
		TERTAHAN		LoLOS		TERTAHAN		LoLOS
<i>inch</i>	mm	gr	%	%	<i>inch</i>	gr	%	%
1 1/2”	37,5	-	-	-	1 1/2”	-	-	-
1”	25,0	-	-	-	1”	-	-	-
¾”	19,0	-	-	-	¾”	-	-	-
1/2”	12,5	-	-	100,00	1/2”	-	-	100,00
3/8”	9,5	324	21,59	78,41	3/8”	306	20,37	79,63
# 4	4,75	995	66,32	33,68	# 4	1.042	69,44	30,56
# 8	2,36	1.404	93,60	6,40	# 8	1.414	94,24	5,76
# 16	1,15	1.469	97,92	2,08	# 16	1.459	97,28	2,72
# 30	0,6	1.471	98,10	1,90	# 30	1.465	97,64	2,36
# 50	0,3	1.474	98,28	1,72	# 50	1.472	98,15	1,85
#100	0,15	1.479	98,58	1,42	#100	1.478	98,54	1,46
# 200	0,075	1.485	98,97	1,03	# 200	1.491	99,37	0,63
<i>Weight of Sample (gr)</i>		1,500				1,500		

Pada Analisa saringan agregat kasar ½ medium sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos saringan 1/2 (12,5 mm) dan tertahan pada saringan 3/8 sebanyak 79,02%. Untuk sebaran agregat kasar ½” (12,5 mm) sebanyak 79,02% dari sampel total analisa saringan merupakan agregat lolos saringan 3/8 dan tertahan pada saringan #4 (4,75 mm) sebanyak 33,12%.

**c. Agregat Halus (Abu Batu)**

Abu Batu merupakan fraksi agregat halus yang lolos saringan 1 ½ - 3/8 (37,5–9,5 mm) dan fraksi yang tertahan mulai dari saringan #4 (4,75 mm) sampai dengan saringan #200 (0,075 mm), dapat dilihat pada Tabel 4.4

**Tabel 4. 4** Hasil Analisa Saringan Abu Batu

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE	Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%		gr	%	%
inch	mm				inch			
1 1/2"	37,5	-	-	-	1 1/2"	-	-	-
1"	25,0	-	-	-	1"	-	-	-
3/4"	19,0	-	-	-	3/4"	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	1/2"	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	3/8"	-	-	-
# 4	4,75	-	-	100,00	# 4	-	-	100,00
# 8	2,36	121	24,13	75,87	# 8	106	21,30	78,70
# 16	1,15	259	51,86	48,14	# 16	250	50,06	49,94
# 30	0,6	348	69,66	30,34	# 30	341	68,16	31,84
# 50	0,3	368	73,57	26,43	# 50	381	76,29	23,71
#100	0,15	418	83,55	16,45	#100	424	84,76	15,24
# 200	0,075	460	92,08	7,92	# 200	460	91,92	8,08
<i>Weight of Sample (gr)</i>		500				500		

Pada Analisa saringan agregat halus abu batu sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos saringan #4 (4,74 mm) dan tertahan pada saringan #8 (2,36 mm) sebanyak 77,29%. Untuk sebaran agregat halus abu batu sebanyak 77,29% dari sampel total analisa saringan merupakan agregat lolos saringan #8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan #16 (1,15 mm) sebanyak 49,04%.

**d. Agregat Halus (Pasir)**

Pasir merupakan fraksi agregat halus yang lolos saringan 1 ½” - #30 (37,5 – 0,6 mm) dan fraksi agregat halus yang tertahan mulai dari saringan #50 (0,3 mm) sampai dengan saringan #200 (0,075 mm), dapat dilihat pada Tabel 4.5

**Tabel 4.5** Hasil Analisa Saringan Pasir

UKURAN SARINGAN	Percobaan 01	UKURAN SARINGAN	Percobaan 02

SIEVE SIZE		TERTAHAN		LOLOS	SIEVE SIZE	TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%	inch	gr	%	%
1"	25,0	-	-	-	1"	-	-	-
3/4"	19,0	-	-	-	3/4"	-	-	-
1/2"	12,5	-	-	-	1/2"	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	3/8"	-	-	-
# 4	4,75	-	-	-	# 4	-	-	-
# 8	2,36	-	-	-	# 8	-	-	-
# 16	1,15	-	-	-	# 16	-	-	-
# 30	0,6	-	-	100,00	# 30	-	-	100,00
# 50	0,3	305,8	61,16	38,84	# 50	275,2	55,04	44,96
#100	0,15	417,5	83,80	16,50	#100	421,4	84,28	15,72
# 200	0,075	478,2	95,64	4,36	# 200	461,2	92,94	7,76
Weight of Sample (gr)		500				500		

Pada Analisa saringan agregat halus pasir sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos saringan #30 (0,6 mm) dan tertahan pada saringan #50 (0,3 mm) sebanyak 41,90%. Untuk sebaran agregat halus pasir sebanyak 100% dari sampel total analisa saringan merupakan agregat lolos saringan #30 (0,6 mm) dan tertahan pada saringan #50 (0,5 mm) sebanyak 41,90%.

**e. Filler (Semen)**

Filler (Semen) merupakan fraksi yang lolos saringan #8 - #100 (2,36 – 0,15 mm) dan fraksi yang tertahan pada saringan #200 (0,075 mm), dapat dilihat pada Tabel 4.6

**Tabel 4.6 Hasil Analisa Saringan Filler (Semen)**

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 02		
inch	mm	TERTAHAN		LOLOS	inch	TERTAHAN		LOLOS	
		gr	%	%		gr	%	%	
11/2"	37,5	-	-	-	11/2"	-	-	-	
1"	25,0	-	-	-	1"	-	-	-	
3/4"	19,0	-	-	-	3/4"	-	-	-	
1/2"	12,5	-	-	-	1/2"	-	-	-	

3/8"	9,5	-	-	-	3/8"	-	-	-
# 4	4,75	-	-	-	# 4	-	-	-
# 8	2,36	-	-	100,00	# 8	-	-	100,00
# 16	1,15	-	-	100,00	# 16	-	-	100,00
# 30	0,6	-	-	100,00	# 30	-	-	100,00
# 50	0,3	-	-	100,00	# 50	-	-	100,00
#100	0,15	-	-	100,00	#100	-	-	100,00
# 200	0,075	1,1	1,1	98,90	# 200	1,3	1,3	98,70
<i>Weight of Sample (gr)</i>	100				100			

Pada Analisa saringan Filler (Semen) sebanyak 100% merupakan agregat halus yang lolos di setiap ukuran saringan dengan pengecualian untuk saringan #200 (0,075 mm) yang menahan sebanyak 98,80%.

#### 4.1.3 Rekapitulasi Hasil Analisa Saringan

Rekapitulasi hasil Analisa saringan meliputi hasil dari pengujian agregat kasar ¾", agregat kasar ½", abu batu, pasir, dan Filler (semen) yang kemudian akan digunakan sebagai kombinasi agregat campuran aspal. Rincian rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Hasil Rekapitulasi Analisa Saringan

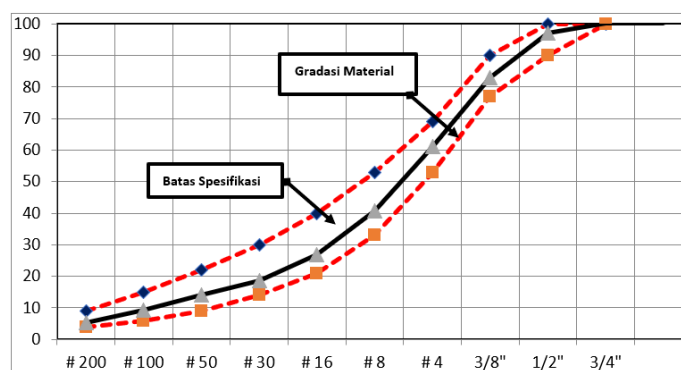
Uraian		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Inch												
mm		25	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Data Material												
Batu Pecah Max 3/4'		100.00	100.00	73.35	25,33	1,53	1,06	0,26	0,24	0,23	0,23	0,00
Batu Pecah Max 1/2'		100.00	100.00	100.00	79,02	32,12	6,08	2,40	2,13	1,79	1,44	0,83
Abu Batu		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	77,29	49,04	31,09	25,07	15,85	8,00
Pasir		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	41,90	16,11	6,06
Filler Semen		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.80
<b>Batu Pecah Max 3/4'</b>	<b>12.0%</b>	12.0	12.00	8,80	3,04	0,18	0,13	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00
<b>Batu Pecah Max 1/2'</b>	<b>40.0%</b>	40.0	40.00	40.00	31,61	12,85	2,43	0,96	0,85	0,71	0,58	0,33
<b>Abu Batu</b>	<b>44.0%</b>	44.0	44.00	44.00	44.00	44.00	34,01	21,58	13,68	11,03	6,97	3,52
<b>Pasir</b>	<b>3.0%</b>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1,26	0,48	0,18
<b>Filler Semen</b>	<b>1.2%</b>	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.18

Total Campuran Spesifikasi Gradasi	%	100	100.2	100.2	97,0	82,85	61,2	40,76	26,77	18,76	14,23	9,26	5,2
	100 %	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	2
	Max	100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9	
Min	100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4		
Toleransi Komposisi													
max		100.00		100.00	88.50	66.00	46.00	33.50	25.00	18.50	12.50	7.50	
min		95.00		90.00	78.50	56.00	40.00	27.50	19.00	12.50	8.50	5.50	
Luas Permukaan Agregat	:	5.5											
		5											

**Tabel 4.8** Spesifikasi Batas Kombinasi Lolos Saringan

No. Saringan	Prosentase Lolos	Spesifikasi	
	Kombinasi Lolos	Batas Bawah	Batas Atas
# 200	5,22	4	9
# 100	9,26	6	15
# 50	14,23	9	22
# 30	18,76	14	30
# 16	26,77	21	40
# 8	40,76	33	53
# 4	61,23	53	69
3/8"	82,85	77	90
1/2"	97,00	90	100
3/4"	100,00	100	100
1"	100,00	100	100

Dari tabel di atas disimpulkan hasil dari kombinasi agregat dengan total campuran gradasi agregat tiap saringan tidak boleh melebihi batas max dan min dari spesifikasi yang telah ditetapkan, untuk grafik kombinasi agregat bisa dilihat di bawah ini.



**Grafik 4.1** Kombinasi Agregat

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.8 material agregat yang berasal dari (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang setelah dilakukannya pengujian pada material tersebut hasilnya semua memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi 2018, maka agregat tersebut dapat digunakan sebagai campuran aspal ALC-WC.

#### 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

Setelah dilakukannya semua pengujian material yang tercantum pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.12, rekapitulasi hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.13** Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>A Agregat Kasar</b>					
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI-2417-2008	Maks. 6 %	3,78 %	Memenuhi
2	Kelekatan agregat terhadap Aspal PEN 60/70	SNI2439-2011	Min. 95%	98%	Memenuhi
<b>No Jenis Pemeriksaan Metode Persyaratan Hasil Keterangan</b>					
3	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,8%	Memenuhi
4	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat kasar 3/4 b. Agregat kasar 1/2	SNI-1969-2016	Maks. 3%	2,180 % 2,302 %	Memenuhi
5	Berat Jenis ( <i>Bulk Specific Gravity</i> ) a. Agregat Kasar 3/4 b. Agregat Kasar 1/2	SNI-1969-2016	Min. 2,5%	2,633% 2,712%	Memenuhi
<b>B Agregat Halus</b>					
1	Material lolos saringan no. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 15%	10,56%	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat Halus (Pasir) b. Agregat Halus (Abu Batu)	SNI-1970-2016	Maks. 3%	2,417 % 2,270 %	Memenuhi
3	Berat Jenis ( <i>Bulk Specific Gravity</i> ) a. Agregat Halus (Pasir) b. Agregat Halus (Abu Batu)	SNI-1970-2016	Min. 2,5 %	2,555 % 2,554 %	Memenuhi

#### 4.3 Pengujian Aspal PEN 60/70

Dalam penelitian ini jenis aspal yang digunakan yaitu aspal PEN 60/70, terdapat tiga jenis parameter yang akan diuji, yaitu titik lembek, berat jenis aspal, dan penetrasi. Hasil dari pengujian akan dibandingkan sesuai dengan spesifikasi umum bina marga 2018, dapat dilihat pada Tabel 4.14 sampai Tabel 4.16.

### 4.3.4 Rekapitulasi Pengujian Aspal

Setelah melakukan berbagai pengujian pada aspal PEN 60/70 seperti yang tercantum pada Tabel 4.14 sampai Tabel 4.16 maka dapat direkapitulasi hasil tersebut dan dapat dilihat pada Tabel 4.17 di bawah ini.

**Tabel 4.17** Hasil Rekapitulasi Pengujian Aspal PEN 60/70

Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Pengujian Sifat Fisik Aspal		
Penetrasi	SNI 2456:2011	63,8
Titik Lembek	SNI 2434:2011	60
Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	1,035

### 4.4 Hasil Pengujian Aspal Normal

Setelah tahapan persiapan sampel dan pelaksanaan pengujian di laboratorium dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan analisis terhadap data hasil pengujian. Pengujian kadar aspal normal bertujuan untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum yang akan digunakan pada campuran aspal modifikasi, serta untuk menilai apakah kadar aspal dalam campuran telah sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan sebelumnya.

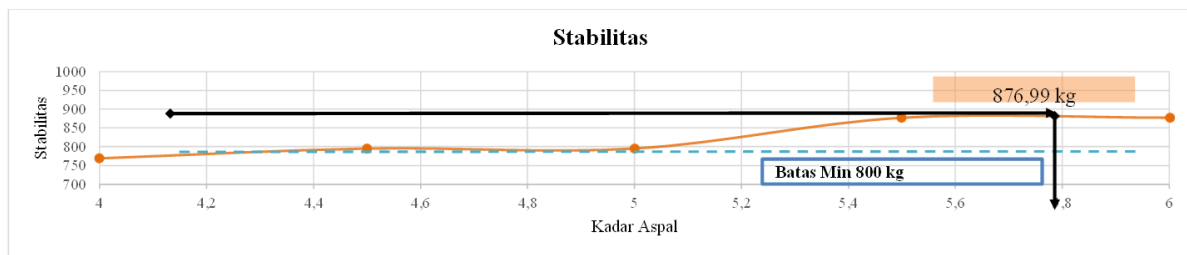
#### 4.4.1 Hasil Pengujian Marshall

Parameter-parameter benda uji diperoleh melalui pelaksanaan pengujian Marshall terhadap hasil percobaan campuran aspal. Parameter yang dihasilkan meliputi nilai Stabilitas, Flow, Void in Mineral Aggregate (VMA), Void in The Mix (VIM), Void Filled with Bitumen (VFB), serta Marshall Quotient (MQ). Data hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini.

**Tabel 4.18** Data Hasil Pengujian Marshall Aspal Normal

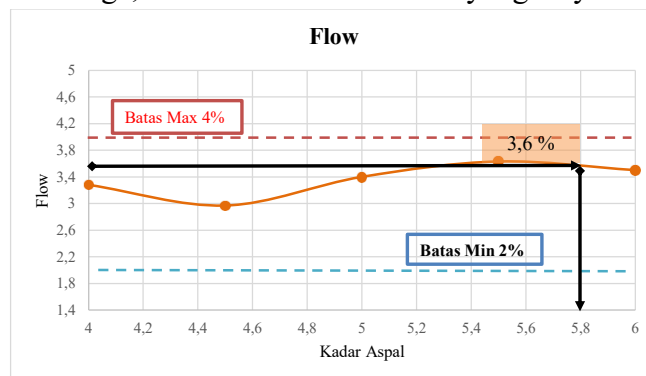
Pengujian (Komposisi Normal)														
BJ Aspal (T) : 1,035 J Efektif Total Agregat (Gse 2,641 BJ Total Agg (Gsb) : 2,749 Kalibrasi Proving Ring : 9,817 Kg														
no benda uji	kadar aspal	berat di udara	berat dim air	berat ssd	volume/isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp.(vim)	% rongga terisi aspal.(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)	
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gab	100 - (100 * e) / h	100(i - i) / i	(strip)	(kg)	(mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	
Benda Uji 1	4,0%	1188,0	666,0	1191,0	525,0	2,263	2,345	17,72	3,50	80,23	78	765,73	3,30	232,04
Benda Uji 2	4,0%	1185,7	656,0	1187,0	531,0	2,233	2,345	18,80	4,78	74,59	80	785,36	3,40	230,99
Benda Uji 3	4,0%	1171,9	662,0	1178,7	516,7	2,268	2,345	17,53	3,28	81,28	77	755,91	3,15	239,97
<b>Ram-rata</b>	<b>4,0%</b>					<b>2,255</b>	<b>2,345</b>	<b>18,02</b>	<b>3,85</b>	<b>78,70</b>	<b>78,33</b>	<b>769,00</b>	<b>3,28</b>	<b>234,21</b>
Benda Uji 1	4,5%	1181,7	674,0	1183,9	509,9	2,318	2,425	15,73	4,43	71,83	81	795,18	2,80	283,99
Benda Uji 2	4,5%	1161,6	670,5	1167,7	497,2	2,336	2,425	15,06	3,66	75,69	79	775,54	2,90	267,43
Benda Uji 3	4,5%	1174,0	672,8	1180,0	507,2	2,315	2,425	15,84	4,55	71,27	83	814,81	3,20	254,63
<b>Ram-rata</b>	<b>4,5%</b>					<b>2,323</b>	<b>2,425</b>	<b>15,54</b>	<b>4,21</b>	<b>72,93</b>	<b>81,00</b>	<b>795,18</b>	<b>2,97</b>	<b>268,04</b>
Benda Uji 1	5,0%	1178,8	668,0	1180,2	512,2	2,301	2,390	16,32	3,71	77,30	80	785,36	3,30	237,99
Benda Uji 2	5,0%	1181,4	664,6	1183,2	518,6	2,278	2,390	17,17	4,68	72,73	82	804,99	3,50	230,00
Benda Uji 3	5,0%	1185,2	666,6	1186,8	520,2	2,278	2,390	17,16	4,67	72,78	81	795,18	3,40	233,88
<b>Ram-rata</b>	<b>5,0%</b>					<b>2,286</b>	<b>2,390</b>	<b>16,89</b>	<b>4,35</b>	<b>74,27</b>	<b>81,00</b>	<b>795,18</b>	<b>3,40</b>	<b>233,88</b>
Benda Uji 1	5,5%	1175,2	660,8	1177,2	516,4	2,276	2,386	17,26	4,62	73,23	87	854,08	3,40	251,20
Benda Uji 2	5,5%	1178,4	665,2	1180,2	515,0	2,288	2,386	16,81	4,10	75,60	93	912,98	3,70	246,78
Benda Uji 3	5,5%	1180,8	662,6	1182,4	519,8	2,272	2,386	17,41	4,79	72,47	88	865,90	3,80	227,34
<b>Ram-rata</b>	<b>5,5%</b>					<b>2,279</b>	<b>2,386</b>	<b>17,16</b>	<b>4,50</b>	<b>73,77</b>	<b>89,33</b>	<b>876,99</b>	<b>3,63</b>	<b>241,37</b>
Benda Uji 1	6,0%	1156,5	656,5	1161,7	505,2	2,289	2,386	16,78	4,06	75,82	86	844,26	3,60	234,52
Benda Uji 2	6,0%	1159,3	657,8	1164,3	506,5	2,289	2,386	16,79	4,07	75,75	90	883,53	3,50	252,44
Benda Uji 3	6,0%	1162,7	660,0	1167,7	507,7	2,290	2,386	16,74	4,02	76,00	92	903,16	3,40	265,64
<b>Ram-rata</b>	<b>6,0%</b>					<b>2,289</b>	<b>2,386</b>	<b>16,77</b>	<b>4,05</b>	<b>75,85</b>	<b>89,33</b>	<b>876,99</b>	<b>3,50</b>	<b>250,57</b>

Berdasarkan Tabel di atas hasil dari pengujian tersebut diuraikan dalam bentuk grafik berdasarkan parameter yang digunakan, dapat dilihat pada Grafik 4.2 sampai 4.7 di bawah ini.



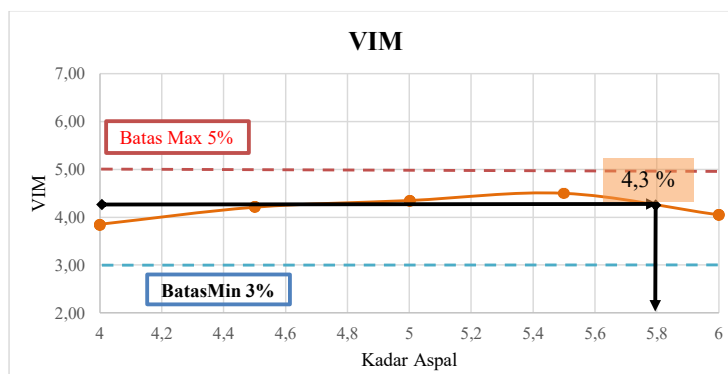
Grafik 4.2 Stabilitas Kadar Aspal Optimum

Grafik 4.2 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata stabilitas masing-masing sebesar 769 kg, 795,18 kg, 795,18 kg, 876,99 kg, dan 876,99 kg. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, kadar aspal 4%, 4,5%, dan 5% tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga, sedangkan kadar aspal 5,5% dan 6% telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan. Mengacu pada spesifikasi Bina Marga, nilai minimum stabilitas yang disyaratkan adalah 800 kg.



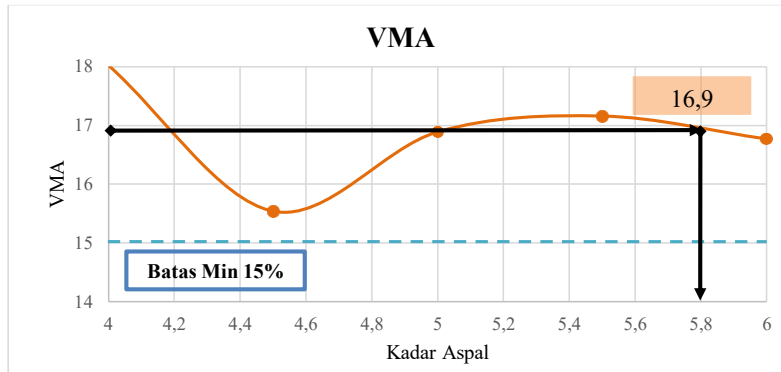
Grafik 4.3 Flow Kadar Aspal Normal

Grafik 4.3 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata Flow masing-masing sebesar 3,28 mm, 2,97 mm, 3,40 mm, 3,63 mm, dan 3,50 mm. Berdasarkan hasil pengujian tersebut seluruh persentase kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Mengacu pada spesifikasi Bina Marga, nilai Flow yang disyaratkan berada pada rentang minimum 2 mm dan maksimum 4 mm.



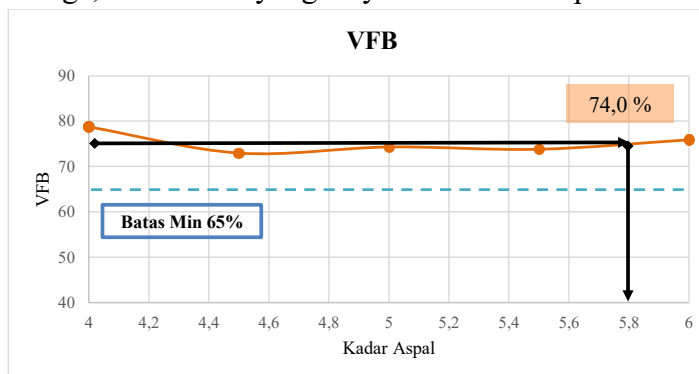
Grafik 4.4 VIM Kadar Aspal Normal

Grafik 4.4 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata VIM masing-masing sebesar 3,85%, 4,21%, 4,35%, 4,50%, dan 4,05%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut seluruh persentase kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Mengacu pada spesifikasi Bina Marga, nilai VIM yang disyaratkan berada pada rentang minimum 3% dan maksimum 5%.



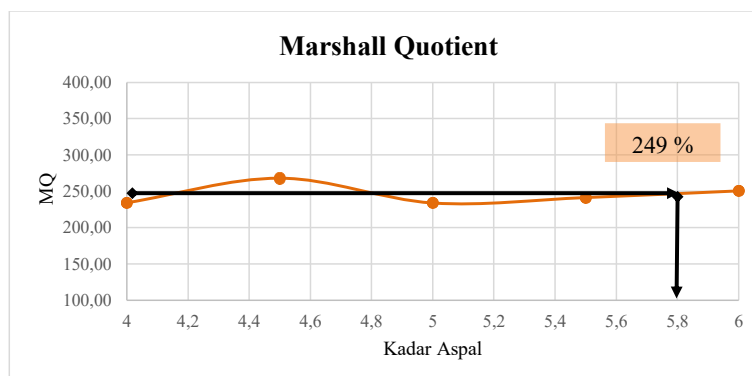
**Grafik 4.5 VMA Kadar Aspal Normal**

Grafik 4.5 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata VMA masing-masing sebesar 18,02%, 15,54%, 16,88%, 17,16%, dan 16,77%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut seluruh persentase kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Mengacu pada spesifikasi Bina Marga, nilai VMA yang disyaratkan berada pada rentang minimum 15%.



**Grafik 4.6 VFB Kadar Aspal Normal**

Grafik 4.6 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata VFB masing-masing sebesar 78,70%, 72,93%, 74,27%, 73,77%, dan 75,86%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut seluruh persentase kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Mengacu pada spesifikasi Bina Marga, nilai VFB yang disyaratkan berada pada rentang minimum 65%.



**Grafik 4.7** MQ Kadar Aspal Normal

Grafik 4.7 menunjukkan hasil pengujian Marshall pada variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% yang menghasilkan nilai rata-rata MQ masing-masing sebesar 243,33 kg/mm, 268,68 kg/mm, 233,96 kg/mm, 241,76 kg/mm, dan 250,87 kg/mm. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh nilai Marshall Quotient pada setiap variasi kadar aspal optimum telah memenuhi ketentuan spesifikasi Bina Marga. Namun demikian, hingga saat ini spesifikasi Bina Marga belum menetapkan nilai baku Marshall Quotient, sehingga hasil pengujian ini digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi kinerja campuran.

Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Tabel 4.18 telah dievaluasi dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga berdasarkan parameter campuran normal yang diperoleh dari pengujian Marshall. Karakteristik campuran yang memenuhi persyaratan meliputi nilai VMA lebih dari 15% pada kadar aspal 4%–6%, nilai VFB lebih dari 65% pada kadar aspal 4%–6%, serta nilai VIM berada pada rentang 3%–5% pada kadar aspal 4%–6%. Berdasarkan analisis rongga (void) serta hasil pengujian stabilitas dan fleksibilitas yang disajikan pada Tabel 4.18 dan Grafik 4.2–4.7, diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,8%.

#### 4.4.2 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM)

Gravity Maximum of Mixture (GMM) merupakan nilai berat jenis tertinggi dari campuran aspal beton dalam kondisi tanpa keberadaan rongga udara. Penentuan nilai GMM dilakukan dengan menimbang massa benda uji beserta material penyusunnya setelah seluruh udara yang terperangkap di antara butiran campuran dihilangkan melalui proses vakum. Pengujian berat jenis campuran aspal normal dilaksanakan pada lima variasi kadar aspal, yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, dengan jumlah dua benda uji GMM untuk setiap variasi kadar aspal.

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian GMM Aspal Normal

No.	Normal	Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Contoh No :										
1	Berat Botol + Contoh gr	1.363	1.363	1.364	1.365	1.363	1.363	1.363	1.363	1.364	1.364
2	Berat Botol gr	763,4	763,4	764,0	765,0	763,4	763,4	763,0	763,0	764,0	764,0
3	Berat Contoh gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4	Berat Botol + Air ( batas kaliberasi ) gr	1.905	1.902,4	1.906	1.900	1.903	1.904,4	1.900	1.900	1.902	1.900
5	Berat Botol+Contoh+Air(batas kaliberasi) gr	2.255	2.251	2.256	2.247	2.249	2.250	2.246	2.244	2.248	2.246
6	Berat Jenis Sebelum Koreksi ( $3/(3+4-5)$ ) gr/cc	2,400	2,387	2,400	2,372	2,361	2,358	2,362	2,342	2,362	2,362
7	Koreksi suhu gr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Berat Jenis Max ( $6 \times 7$ ) gr/cc	2,400	2,387	2,400	2,372	2,361	2,358	2,362	2,342	2,362	2,362
Rata - rata GMM		2,393		2,386		2,360		2,352		2,362	
Variasi Kadar Aspal %		4,0%		4,5%		5%		5,5%		6%	

(Sumber: Hasil Penelitian, 2025)

Berdasarkan Tabel di atas, hasil pengujian berat jenis maksimum campuran aspal normal dengan lima variasi persentase kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% menghasilkan nilai rata-rata sebesar 2,371 gr/cc.

#### 4.4.3 Pengujian Ekstraksi

Pengujian ekstraksi pada aspal merupakan proses yang digunakan untuk menentukan jumlah kadar aspal dalam campuran perkerasan jalan atau material yang mengandung aspal. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal bitumen dalam campuran menggunakan alat Centrifuge Extractor.

**Tabel 4.20** Hasil Pengujian Ekstraksi

No	Pengujian Material	Rumus	Berat		Satuan
			I	II	
A	Berat Cawan		54,6	54,6	gr
B	Berat Aspal+Cawan Sebelum		354,6	354,6	gr
C	Berat Aspal+Cawan Sesudah		341,5	342,6	gr
D	Berat Sebelum Ekstraksi	(B-A)	300	300	gr
E	Berat Sesudah Ekstraksi	(C-A)	286,9	288	gr
F	Berat Kertas		5	5	gr
G	Berat Total Mineral	(C-A-F)	281,9	283	gr
H	Berat Aspal dalam Campuran	(D-G)	18,1	17	gr
I	Persen Aspal dalam Campuran	(H/D x 100)	6,0	5,7	%
Rata - Rata			5,85		%

Berdasarkan tabel di atas, hasil pengujian ekstraksi menunjukkan nilai 5,85% pada campuran modifikasi RAP dan Limestone dengan menggunakan kadar aspal 5,8%. Dapat

disimpulkan hasil ini memenuhi syarat karena nilai hasil pengujian ekstraksi tersebut sesuai dengan ketentuan karakteristik Marshall untuk campuran aspal modifikasi menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2025.

#### 4.4.4 Ringkasan Hasil Pengujian AC-WC

Setelah mendapatkan seluruh persentase dari setiap fraksi agregat dan aspal, maka langkah selanjutnya adalah menentukan berat material untuk menentukan campuran dengan mempertimbangkan volume cetakan (mold) yang ada.

- Kadar ALspall = 5,8%
- Kapasitas Cetakan = 1200 gr
- Berat ALspall = 5,8% x 1200 = 69,6 gr
- Berat Keseluruhan ALgregat = (100 – 5,8)% x 1200 = 1130,4 gr
  - ALbul Baltul = 40% x 1200 = 480 gr
  - *Coarse ALgregalte (3/4)* = 25% x 1200 = 300 gr
  - *Medium ALgregalte (1/2)* = 25% x 1200 = 300 gr
  - Pasir = 3% x 1200 = 36 gr
  - *Filler* = 1,2% x 1200 = 14,4 gr

Langkah selanjutnya yaitu untuk komposisi berat aspal dan agregat yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.20 di bawah ini.

**Tabel 4.21** Komposisi ALC-WC

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu $\frac{3}{4}$	25	300
3	Agregat Batu $\frac{1}{2}$	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1,2	14,4
6	Aspal	5,8	69,6
	Total	100	1200

#### 4.5 Hasil Pengujian Kadar Aspal dengan Variasi Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone

Setelah melakukan pengujian untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian Marshall dan pengujian berat jenis maksimum campuran pada benda uji variasi RAP dan Limestone.

#### 4.5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Marshall Test

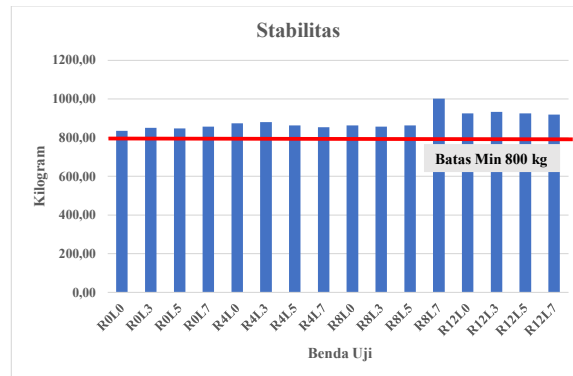
Setelah melakukan perhitungan analisis karakteristik Marshall pada campuran aspal modifikasi dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%,

dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7% sebagaimana tercantum pada Tabel 4.26 sampai Tabel 4.32, hasil tersebut dapat direkapitulasi sebagai berikut:

**Tabel 4.34 Rekapitulasi Marshall Test**

Pengujian ( Modifikasi RAP dan Limestone )															
BJ Aspal ( T ) :	1,035	BJ Efektif Total Agregat (Gae) :				2,646	BJ Total Agg (Gsb) :			2,629	Kalibrasi Proving Ring :				9,817 Kg
no benda uji	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelahan ( flow )	hasil bagi marshall ( m <sup>2</sup> )	
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100* e)h	100(i - j) / i	( strip )	( kg )	( mm )	m / n	
	( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )					
ROLO 1	5,8	1201,0	681,0	1199,0	518,0	2,319	2,422	16,92	4,27	74,79	84,00	824,63	3,40	242,54	
ROLO 2	5,8	1202,0	693,0	1208,0	515,0	2,334	2,422	16,37	3,63	77,83	86,00	844,26	3,50	241,22	
ROLO 3	5,8	1204,0	685,0	1205,0	520,0	2,315	2,422	17,04	4,40	74,19	85,00	834,45	3,30	252,86	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,323</b>	<b>2,422</b>	<b>16,78</b>	<b>4,10</b>	<b>75,60</b>	<b>85,00</b>	<b>834,45</b>	<b>3,40</b>	<b>245,43</b>	
ROL3 1	5,8	1200,0	693,0	1205,0	512,0	2,344	2,419	16,02	3,12	80,50	85,00	834,45	3,45	241,87	
ROL3 2	5,8	1181,0	680,0	1187,0	507,0	2,329	2,419	16,54	3,72	77,52	87,00	854,08	3,40	251,20	
ROL3 3	5,8	1196,0	689,0	1205,0	516,0	2,318	2,419	16,95	4,20	75,25	88,00	863,90	3,35	257,88	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,330</b>	<b>2,419</b>	<b>16,50</b>	<b>3,68</b>	<b>77,76</b>	<b>86,67</b>	<b>850,81</b>	<b>3,40</b>	<b>250,24</b>	
ROL5 1	5,8	1193,0	688,0	1205,0	517,0	2,308	2,394	17,32	3,59	79,26	88,00	863,90	3,50	246,83	
ROL5 2	5,8	1196,0	698,0	1217,0	519,0	2,304	2,394	17,43	3,72	78,65	86,00	844,26	3,30	255,84	
ROL5 3	5,8	1197,0	687,0	1208,0	521,0	2,298	2,394	17,68	4,01	77,31	85,00	834,45	3,25	256,75	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,303</b>	<b>2,394</b>	<b>17,48</b>	<b>3,77</b>	<b>78,41</b>	<b>86,33</b>	<b>847,53</b>	<b>3,25</b>	<b>253,00</b>	
ROL7 1	5,8	1190,0	684,0	1197,0	513,0	2,320	2,438	16,88	4,84	71,32	86,00	844,26	3,50	241,22	
ROL7 2	5,8	1199,0	689,0	1206,0	517,0	2,319	2,438	16,90	4,86	71,23	88,00	863,90	3,35	257,88	
ROL7 3	5,8	1199,0	691,0	1205,0	514,0	2,333	2,438	16,42	4,31	73,76	88,00	863,90	3,40	254,09	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,324</b>	<b>2,438</b>	<b>16,73</b>	<b>4,67</b>	<b>72,10</b>	<b>87,33</b>	<b>857,35</b>	<b>3,42</b>	<b>250,93</b>	
R4LO 1	5,8	1191,0	684,0	1193,0	509,0	2,340	2,463	16,16	5,00	69,05	86,00	844,26	3,35	252,02	
R4LO 2	5,8	1190,0	689,0	1195,0	506,0	2,352	2,463	15,73	4,52	71,28	90,00	883,53	3,40	259,86	
R4LO 3	5,8	1191,0	686,0	1191,0	505,0	2,358	2,463	15,50	4,25	72,58	91,00	893,35	3,50	255,24	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,350</b>	<b>2,463</b>	<b>15,80</b>	<b>4,59</b>	<b>70,97</b>	<b>89,00</b>	<b>873,71</b>	<b>3,42</b>	<b>255,72</b>	
R4L3 1	5,8	1197,0	685,0	1198,0	513,0	2,333	2,439	16,39	4,33	73,56	88,00	863,90	3,30	261,79	
R4L3 2	5,8	1190,0	693,0	1199,0	506,0	2,352	2,439	15,73	3,58	77,25	90,00	883,53	3,40	259,86	
R4L3 3	5,8	1198,0	681,0	1196,0	515,0	2,326	2,439	16,65	4,63	72,21	91,00	893,35	3,35	266,67	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,337</b>	<b>2,439</b>	<b>16,26</b>	<b>4,18</b>	<b>74,34</b>	<b>89,67</b>	<b>880,26</b>	<b>3,35</b>	<b>262,76</b>	
R4L5 1	5,8	1202,0	696,0	1203,0	507,0	2,371	2,463	15,05	3,74	75,17	90,00	883,53	3,45	256,10	
R4L5 2	5,8	1201,0	693,0	1203,0	510,0	2,355	2,463	15,62	4,38	71,94	88,00	863,90	3,35	257,88	
R4L5 3	5,8	1203,0	695,0	1205,0	510,0	2,359	2,463	15,48	4,22	72,72	86,00	844,26	3,30	255,84	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,362</b>	<b>2,463</b>	<b>15,38</b>	<b>4,11</b>	<b>73,28</b>	<b>88,00</b>	<b>863,90</b>	<b>3,37</b>	<b>256,60</b>	
R4L7 1	5,8	1192,0	683,0	1199,0	516,0	2,310	2,407	17,23	4,02	76,68	87,00	854,08	3,20	266,90	
R4L7 2	5,8	1200,0	685,0	1205,0	520,0	2,308	2,407	17,31	4,12	76,22	86,00	844,26	3,25	259,77	
R4L7 3	5,8	1194,0	689,0	1203,0	514,0	2,323	2,407	16,77	3,48	79,23	88,00	863,90	3,30	261,79	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,314</b>	<b>2,407</b>	<b>17,10</b>	<b>3,87</b>	<b>77,38</b>	<b>87,00</b>	<b>854,08</b>	<b>3,25</b>	<b>262,79</b>	
R8LO 1	5,8	1199,0	693,0	1201,0	508,0	2,360	2,481	15,43	4,85	68,54	88,00	863,90	3,30	261,79	
R8LO 2	5,8	1197,0	695,0	1200,0	505,0	2,370	2,481	15,07	4,45	70,48	89,00	873,71	3,40	256,97	
R8LO 3	5,8	1198,0	695,0	1201,0	506,0	2,368	2,481	15,17	4,56	69,94	87,00	854,08	3,30	258,81	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,366</b>	<b>2,481</b>	<b>15,22</b>	<b>4,62</b>	<b>69,65</b>	<b>88,00</b>	<b>863,90</b>	<b>3,33</b>	<b>259,17</b>	
R8L3 1	5,8	1203,0	692,0	1208,0	516,0	2,331	2,431	16,46	4,10	75,07	87,00	854,08	3,25	262,79	
R8L3 2	5,8	1196,0	688,0	1200,0	512,0	2,336	2,431	16,30	3,92	75,97	88,00	863,90	3,30	261,79	
R8L3 3	5,8	1194,0	680,0	1196,0	516,0	2,314	2,431	17,09	4,82	71,78	87,00	854,08	3,20	266,90	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,327</b>	<b>2,431</b>	<b>16,62</b>	<b>4,28</b>	<b>74,27</b>	<b>87,33</b>	<b>857,35</b>	<b>3,25</b>	<b>263,80</b>	
R8L5 1	5,8	1198,0	678,0	1203,0	525,0	2,282	2,370	18,24	3,74	79,51	87,00	854,08	3,30	258,81	
R8L5 2	5,8	1197,0	678,0	1209,0	531,0	2,254	2,370	19,23	4,90	74,49	87,00	854,08	3,25	262,79	
R8L5 3	5,8	1202,0	676,0	1209,0	533,0	2,255	2,370	19,20	4,87	74,65	90,00	883,53	3,20	276,10	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,264</b>	<b>2,370</b>	<b>18,89</b>	<b>4,50</b>	<b>76,22</b>	<b>88,00</b>	<b>863,90</b>	<b>3,25</b>	<b>265,81</b>	
R8L7 1	5,8	1208,0	691,0	1210,0	519,0	2,328	2,436	16,60	4,46	73,14	103,00	1011,15	3,15	321,00	
R8L7 2	5,8	1209,0	694,0	1213,0	519,0	2,329	2,436	16,53	4,38	73,50	98,00	962,07	3,10	310,34	
R8L7 3	5,8	1205,0	694,0	1210,0	516,0	2,335	2,436	16,32	4,14	74,62	105,00	1030,79	3,20	322,12	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,331</b>	<b>2,436</b>	<b>16,49</b>	<b>4,33</b>	<b>73,75</b>	<b>102,00</b>	<b>1001,33</b>	<b>3,15</b>	<b>317,88</b>	
R12LO 1	5,8	1195,0	691,0	1200,0	509,0	2,348	2,466	15,88	4,78	69,89	95,00	932,62	3,30	282,61	
R12LO 2	5,8	1196,0	690,0	1198,0	508,0	2,354	2,466	15,64	4,51	71,15	93,00	912,98	3,30	276,66	
R12LO 3	5,8	1199,0	692,0	1201,0	509,0	2,356	2,466	15,60	4,46	71,39	95,00	932,62	3,25	286,96	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,353</b>	<b>2,466</b>	<b>15,71</b>	<b>4,59</b>	<b>70,81</b>	<b>94,33</b>	<b>926,07</b>	<b>3,28</b>	<b>282,05</b>	
R12L3 1	5,8	1198,0	688,0	1202,0	514,0	2,331	2,423	16,49	3,82	76,81	95,00	932,62	3,30	282,61	
R12L3 2	5,8	1202,0	686,0	1206,0	520,0	2,312	2,423	17,18	4,62	73,13	93,00	912,98	3,20	283,31	
R12L3 3	5,8	1201,0	684,0	1204,0	520,0	2,310	2,423	17,24	4,69	72,77	97,00	952,25	3,30	288,56	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,317</b>	<b>2,423</b>	<b>16,97</b>	<b>4,38</b>	<b>74,24</b>	<b>95,00</b>	<b>932,62</b>	<b>3,27</b>	<b>285,49</b>	
R12L5 1	5,8	1204,0	687,0	1206,0	519,0	2,320	2,417	16,88	4,03	76,10	95,00	932,62	3,20	291,44	
R12L5 2	5,8	1194,0	688,0	1203,0	515,0	2,318	2,417	16,93	4,09	75,82	93,00	912,98	3,25	280,92	
R12L5 3	5,8	1200,0	690,0	1205,0	515,0	2,330	2,417	16,51	3,61	78,13	95,00	932,62	3,25	286,96	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,323</b>	<b>2,417</b>	<b>16,77</b>	<b>3,91</b>	<b>76,68</b>	<b>94,33</b>	<b>926,07</b>	<b>3,23</b>	<b>286,41</b>	
R12L7 1	5,8	1195,0	684,0	1210,0	526,0	2,272	2,355	18,60	3,54	80,96	94,00	922,80	3,25	283,94	
R12L7 2	5,8	1192,0	686,0	1213,0	527,0	2,262	2,355	18,96	3,97	79,08	95,00	932,62	3,30	282,61	
R12L7 3	5,8	1196,0	689,0	1215,0	526,0	2,274	2,355	18,53	3,46	81,33	92,00	903,16	3,20	282,24	
<b>Rata-rata</b>	<b>5,8</b>					<b>2,269</b>	<b>2,355</b>	<b>18,69</b>	<b>3,66</b>	<b>80,45</b>	<b>93,67</b>	<b>919,53</b>	<b>3,25</b>	<b>282,93</b>	

**a. Nilai Stabilitas**

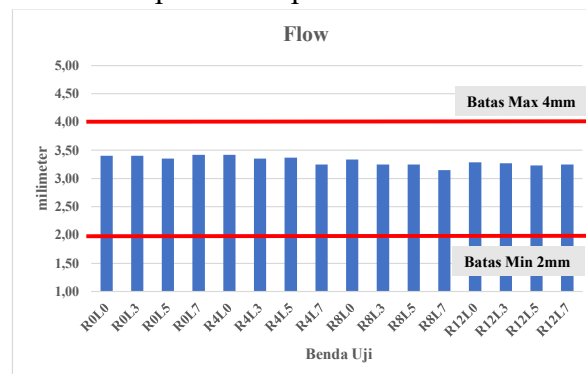


**Grafik 4.32** Rekapitulasi Nilai Stabilitas

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai stabilitas yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 syarat minimum nilai stabilitas adalah 800 kg, maka dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum nilai stabilitas.

#### b. Nilai Kelelehan (Flow)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2025, nilai Flow untuk campuran aspal khususnya campuran ALC-WC nilai minimum yang disyaratkan 2 mm dan nilai maksimum 4 mm. Untuk rekapitulasi nilai Flow dapat dilihat pada Grafik 4.33 di bawah ini.

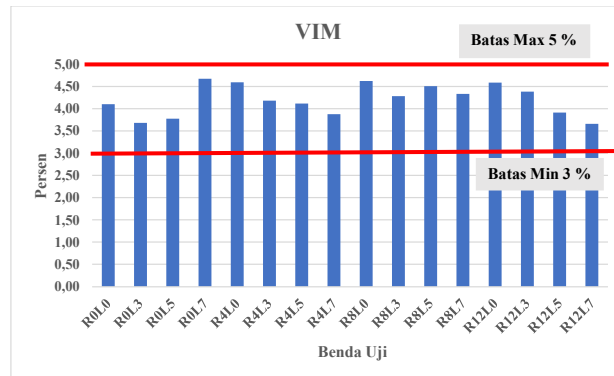


**Grafik 4.33** Rekapitulasi Nilai Flow

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai Flow yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 syarat minimum nilai Flow adalah 2 mm dan maksimum 4 mm, maka dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum dan maksimum nilai Flow.

#### c. Nilai Void In the Mix (VIM)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2025, nilai Void In the Mix (VIM) untuk campuran aspal khususnya campuran ALC-WC nilai minimum yang disyaratkan adalah 3% dan nilai maksimum 5%. Untuk rekapitulasi nilai VIM dapat dilihat pada Grafik 4.34 di bawah ini.

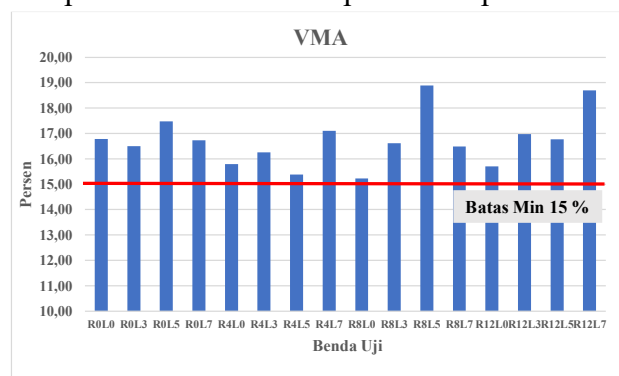


**Grafik 4.34** Rekapitulasi Nilai VIM

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai Void In the Mix (VIM) yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 syarat minimum nilai VIM adalah 3% dan maksimum 5%, maka dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum dan maksimum nilai VIM.

#### d. Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2025, nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) untuk campuran aspal khususnya campuran ALC-WC nilai minimum yang disyaratkan adalah 15%. Untuk rekapitulasi nilai VMA dapat dilihat pada Grafik 4.35 di bawah ini.

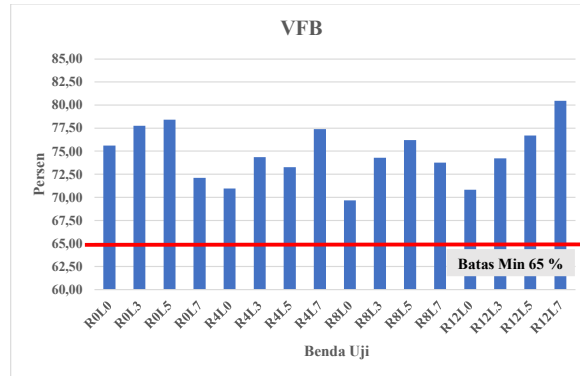


**Grafik 4.35** Rekapitulasi Nilai VMA

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 syarat minimum nilai VMA adalah 15%, maka dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum nilai VMA.

#### e. Nilai Void Filled with Bitumen (VFB)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2025, nilai Void Filled with Bitumen (VFB) untuk campuran aspal khususnya campuran ALC-WC nilai minimum yang disyaratkan adalah 65%. Untuk rekapitulasi nilai VFB dapat dilihat pada Grafik 4.36 di bawah ini.

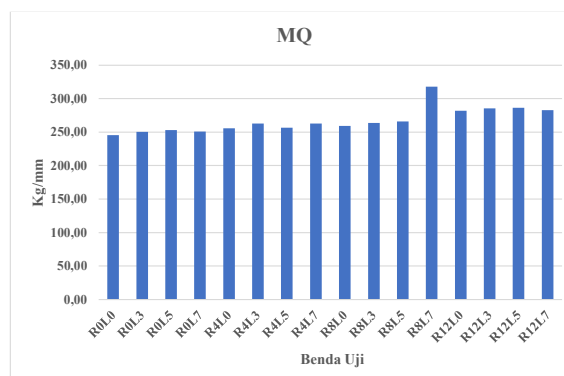


**Grafik 4.36** Rekapitulasi Nilai VFB

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai Void Filled with Bitumen (VFB) yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2025 syarat minimum nilai VFB adalah 65%, maka dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum nilai VFB.

#### f. Nilai Marshall Quotient (MQ)

Untuk nilai dari Marshall Quotient (MQ) belum ada nilai standar untuk hasil dalam spesifikasi Bina Marga, sehingga hasil pengujian ini digunakan sebagai referensi untuk mengevaluasi hasil kinerja. Untuk rekapitulasi nilai MQ dapat dilihat pada Grafik 4.37 di bawah ini.



**Grafik 4.37** Rekapitulasi Nilai MQ

Berdasarkan Tabel dan Grafik di atas menunjukkan hasil nilai Marshall Quotient (MQ) yang diperoleh dari aspal dengan penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12% serta Limestone sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%. Dapat disimpulkan semua variasi memenuhi persyaratan batas minimum nilai MQ.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini mengenai penggunaan bahan tambah Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone pada campuran ALC-WC, berdasarkan tujuan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan tambah Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Limestone pada campuran ALC-WC menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran telah memenuhi persyaratan parameter Marshall sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Dalam penelitian ini job mix design terbaik dari penambahan RAP dan Limestone pada campuran ALC-WC yaitu variasi campuran RAP 12% dan Limestone 5% karena memberikan hasil dan kinerja yang optimal pada campuran ALC-WC dan memenuhi parameter Marshall sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Hasil dari variasi tersebut menunjukkan nilai stabilitas sebesar 926,07 kg, flow sebesar 3,23 mm, VIM sebesar 3,91%, VMA sebesar 16,77%, VFB sebesar 76,68%, dan Marshall Quotient (MQ) sebesar 286,41 kg/mm.
2. Penambahan Limestone sebagai filler meningkatkan kepadatan campuran dengan mengisi rongga antar agregat, sehingga nilai VFB meningkat dan VIM tetap berada dalam batas yang disyaratkan. Sementara itu, penambahan RAP berkontribusi terhadap efisiensi penggunaan aspal serta meningkatkan kekakuan campuran akibat kandungan aspal lama, tanpa menyebabkan campuran menjadi getas. Kombinasi RAP dan limestone yang tepat mampu menghasilkan campuran dengan stabilitas tinggi, nilai flow yang memenuhi spesifikasi, serta Marshall Quotient yang menunjukkan ketahanan yang baik terhadap deformasi permanen. Secara keseluruhan, penggunaan RAP dan limestone memberikan pengaruh positif terhadap seluruh parameter Marshall (VIM, VMA, VFB, stabilitas, flow, dan MQ), sehingga layak direkomendasikan sebagai alternatif material perkerasan jalan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan, dengan tetap memperhatikan penentuan kadar optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiman, E. Y. (2023). Potensi penggunaan agregat RAP terhadap campuran SMA. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 101–112.
- Aurangzeb, Q. &.-Q. (2014). Experimental and numerical investigation of reclaimed asphalt pavement (RAP) in asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 27–36.
- Ayudya, R. W. (t.thn.). Pengaruh penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Lawele Granular Asphalt (LGA).
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2434:2011 Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball). Badan Standardisasi Nasional.
- Bamher, B. G. (2020). Analisis tebal perkerasan lentur menggunakan metode manual desain perkerasan jalan 2017 pada proyek jalan baru batas kota Singaraja–Mengwitani, Buleleng. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (JTSC)*, 1–43.
- Cara uji berat jenis aspal keras. (SNI 2441:2011). Badan Standardisasi Nasional.

- Deliansyah Pasayu, J. A. (2023). Pemanfaatan recycling asphalt untuk lapisan AC-WC. *Jurnal Transportasi Jalan Raya*, 44–52.
- Edi Yusuf Adiman\*1, B. H. (2023). Potensi Penggunaan Agregat RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Terhadap Campuran SMA (Stone Matrix Asphalt). *Jurnal Teknik Sipil*, 43–56.
- Hartono, J., Dian Eksana, W., & Fajari, A. (2020). Pengaruh variasi bahan tambah kawat bendrat dan filler abu sekam padi pada laston (AC-BC) terhadap dari lapis aspal beton dalam menerima dan VMA yang tinggi akan mempunyai faktor-faktor. 16(2), 124–131.
- Latif, A., Irwan, Rusdi, M., Mustanir, A., & Sutrisno, M. (2019). Partisipasi masyarakat dalam pembangunan infrastruktur di Desa Timoreng Panua Kecamatan Panca Rijang Kabupaten Sidenreng Rappang. *Jurnal Moderat*, 5(1), 1–15.
- Muhammad Taufik Habibillah Ibnu Ahmad, H. S. (2025). Inovasi penggunaan kapur sebagai pengganti bahan pengisi pada AC-WC. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 2774–5147.
- Nisrina Nadhifah al, P. M. (2025). Kinerja campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai agregat halus dan filler abu batu. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi Vol. 3 (No. 2)*, 140–155.
- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (n.d.). Pengaruh arang cangkang kelapa sawit sebagai pengganti filler aspal penetrasi 60/70.
- Pradana, F. Y., & Kliswanto, M. S. (2023). Analisis perbandingan aspal Wearing Course (AC-WC) dengan Buton Granular.
- Pramesti, M. D. A., & Nugroho, Y. (2025). Tugas akhir analisis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan penambahan ceramic fragment dan tugas akhir analisis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan penambahan ceramic fragment dan.
- Ratnasari, A., & Hapsari, A. (2025). Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana program studi teknik sipil fakultas teknik Universitas Islam Sultan Agung.
- Risdian, C., Landwehr, W., Rohde, M., Schulmann, P., Hahnke, R. L., Spröer, C., Bunk, B., Kämpfer, P., Schulpp, P. J., & Wink, J. (2021). *Streptomyces balthyalis* sp. nov., an actinobacterium isolated from the sponge in a deep sea.
- Salsabil, Z. R., & Daniya, V. H. (2025). Analisis asphalt concrete wearing course (AC-WC) modifikasi resin epoxy dan serat baja dramix pada aspal karet alam padat PG-70 untuk perkerasan jalan.

- SNI 03-4142-1996. (1996). Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 milimeter). Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 200(200), 1–6.
- SNI 2456:2011. (2011). Cara uji penetrasi aspal. Badan Standar Nasional Indonesia, 1–17.
- SNI ASTM C136:2012. (2012). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. Badan Standardisasi Nasional, 1–24.
- Sri Ayu Winarti 1), S. J. (2024). Karakteristik marshall pada perkerasan aspal AC-WC menggunakan substitusi Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda*, 2723–6161.
- Sukirman, Silvia. "Perkerasan jalan raya." Penerbit Nova, Bandung (2003).
- Syahada, A. M., & Aulla, L. K. (2024). Analisa aspal wearing course (AC-WC) modifikasi dengan bahan tambah fly ash (substitusi abu batu) dan tanah (substitusi pasir).
- Syaukani, K., & Priambudi, M. H. (2025). Pengaruh limbah plastik polyethylene terephthalate (PET) dan kawat bendrat (bend wire) sebagai bahan tambah campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) pada disusun oleh: Kondang Syaukani NIM: 30202100114 Muhammad Hanif P program studi teknik.
- Widyanto, S. (2020). Pengaruh filler batu kapur terhadap stabilitas campuran AC-WC. *Jurnal Infrastruktur*, 55–62.
- Yacob, M. &. (2017). Pengaruh kadar filler abu batu kapur dan abu tempurung kelapa terhadap karakteristik marshall pada AC-BC. *Teras Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 55–64.
- Yandes, A. M., Rismanto, R., Julianto, J., & Jusi, U. (2021). Oli sisa sebagai bahan peremajaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) pada lapisan Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) jalan. *Sainstek (e-Journal)*, 9(2), 132–136. <https://doi.org/10.35583/js.v9i2.167>
- Yuniarti, A., Safarini, F., Rahmadia, I., Putri, S., & Biologi, P. (n.d.). Media konvensional dan media digital dalam pembelajaran (Vol. 4, Nomor 2).