

## ANALISA SUBSTITUSI PENAMBAHAN GYPSUM PADA CAMPURAN ASPAL HOT ROLLED SHEET – WEARING COURSE (HRS-WC)

Faridudin Ashari<sup>1</sup>, Akhmad Suryadi<sup>2</sup>, Sugeng Riyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, <sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>faridudinashari8@gmail.com, <sup>2</sup>akhmad.suryadi@polinema.ac.id, <sup>3</sup>sugeng.riyanto@polinema.ac.id

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan gipsium sebagai bahan substitusi semen terhadap peningkatan kualitas karakteristik Marshall. Penelitian dilakukan dengan mensubstitusi penambahan semen Portland pengganti gipsium sebagai bahan pengisi. Masing-masing variasi berjumlah 3 benda uji pada kondisi standar (2x75) tumbukan. Hasil karakteristik campuran Marshall dengan gradasi persentase optimal dilakukan dengan menggunakan variasi kadar aspal (6,5%, 7%, 7,5%, 8% dan 8,5%) untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), dan terakhir dilakukan penelitian untuk campuran HRS WC menggunakan kadar aspal optimal dengan bahan substitusi semen/gipsium (9%/0%, 4,5%/4,5% dan 0%/9%). Dari hasil uji volumetrik dan Marshall pada tingkat substitusi penambahan semen/gipsium 9%/0% dan 0%/9% memenuhi persyaratan RSNI 03-1737-1989, sedangkan substitusi penambahan semen/gipsium 4,5%/4,5% tidak memenuhi persyaratan RSNI 03-1737-1989. Hasil yang didapatkan optimal pada KAO sebesar 8%, dan penambahan semen/gipsium 0%/9%. Pada substitusi penambahan semen/gipsium 0%/9% nilai VMA sebesar 18,02%; VFB 94,81%; VIM 0,93%; Stabilitas 1110,11 kg; Aliran 3,03 mm; dan MQ 366,78 kg/mm.

**Kata Kunci:** Hot Rolled Sheet, Gypsum Waste, Marshall

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of adding gypsum as a cement substitution material to improve the quality of Marshall characteristics. The study was conducted by substituting the addition of Portland cement substitute gypsum as a filler. Each variation amounted to 3 specimens under standard conditions (2x75) collisions. The results of Marshall mixed characteristics with optimal percentage gradations were carried out using variations in asphalt content (6.5%, 7%, 7.5%, 8% and 8.5%) to find the optimum bitumen content (KAO), and finally a study was conducted for a mixture of HRS WC using optimal bitumen content with cement / gypsum substitution material (9%/0%, 4.5%/4.5% and 0%/9%). From the volumetric and Marshall test results at the substitution level the addition of cement/gypsum 9%/0% and 0%/9% meet the requirements of RSNI 03-1737-1989, while the substitution of adding cement / gypsum 4.5%/4.5% does not meet RSNI requirements 03-1737-1989. The results were found to be optimal in KAO of 8%, and the addition of cement / gypsum 0%/9%. In the substitution of the addition of cement/gypsum 0%/9% VMA value of 18.02%; VFB 94.81%; VIM 0.93%; Stability of 1110.11 kg; 3.03 mm Flow; and MQ 366.78 kg/mm.

**Keywords:** Hot Rolled Sheet, Gypsum Waste, Marshall

### 1. PENDAHULUAN

Faktor pendukung beroperasinya suatu jaringan jalan menjadi aman dan nyaman bagi penggunaannya yaitu dengan mendesain suatu lapis permukaan perkerasan jalan yang akan tetap optimum selama masa layanannya. Menyangkut perkerasan jalan, campuran beraspal adalah merupakan material yang sering dipakai untuk melapisi permukaan jalan dimana yang membedakan campuran tersebut adalah komposisi gradasi agregatnya serta jumlah kadar aspalnya.

Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dari campuran beraspal antara lain adalah stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan sifat mudah dikerjakan.

Lapis tipis aspal beton lapis Aus (HRS-WC) merupakan suatu lapisan permukaan jalan paling atas yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapis HRC-WC terbuat dari agregat halus, agregat kasar, filler serta bahan pengikat

berupa aspal dengan kadar tertentu. Pada umumnya, material filler yang digunakan dalam campuran HRS-WC adalah semen portland. Namun, tidak menutup kemungkinan apabila semen sebagai filler dapat digantikan maupun disubstitusi menggunakan bahan lainnya selama masih memenuhi persyaratan.

Maka dari itu dapat diinovasikan untuk lapisan aspal HRS-WC menggunakan gypsum bubuk sebagai substitusi filler. Pada percobaan ini, digunakan kadar aspal 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, dan 8% dengan kadar filler 9% yang terdiri dari 3 (tiga) jenis kadar komposisi filler yang terdiri dari gypsum dan semen yaitu 9/0%, 4.5/4.5%, dan 0/9%. Dari inovasi tersebut maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang perlu diteliti, sebagai berikut

1. Bagaimana menganalisa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal HRS?
2. Bagaimana menganalisa pengaruh penambahan gypsum bubuk sebagai bahan substitusi semen untuk filler campuran aspal sebesar 0/9%, 4.5/4.5 %, dan 9/0% pada campuran Hot Rolled Sheet-WC dengan kadar aspal 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, 8% dapat meningkatkan kualitas karakteristik Marshall dan stabilitas optimum yang memenuhi syarat Revisi SNI 03-1737-1989?
3. Bagaimana perbandingan analisa harga pekerjaan perkerasan dengan substitusi gypsum bubuk sebagai filler terhadap semen dan tanpa adanya substitusi?

### Persyaratan Sifat Fisik Material

Sifat fisik dari material yang digunakan harus di uji terlebih dahulu dikarenakan agar campuran *Aspal Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (Hrs-Wc) yang direncanakan telah memenuhi persyaratan yang digunakan. Sifat fisik tersebut meliputi:

1. Persyaratan sifat fisik agregat kasar yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Persyaratan sifat fisik agregat kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
1.	Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cc
2.	Berat jenis SSD	SNI 03-1737-1989	-
3.	Berat jenis apparent	SNI 03-1737-1989	-
4.	Penyerapan	SNI 03-1737-1989	Maks 3%
5.	Kekerasan Agregat	SNI 03-1737-1989	Maks 30%
6.	Keausan Los Angeles	AASHTO 96-77	Maks 30%

2. Persyaratan sifat fisik agregat halus yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Persyaratan sifat fisik agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
1.	Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cc
2.	Berat jenis SSD	SNI 03-1737-1989	-
3.	Berat jenis apparent	SNI 03-1737-1989	-
4.	Penyerapan	SNI 03-1737-1989	Maks 3%

3. Selain sifat fisik untuk agregat kasar dan agregat halus juga harus memenuhi persyaratan gradasi yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Gradasi agregat sesuai RSNI 03-1737-1989

Ukuran Saringan (mm)	% Berat yang lolos
19	100
12,5	90 – 100
9,5	75 – 85
2,36	50 – 72
0,600	35 – 60
0,075	6 – 12

4. Persyaratan sifat fisik aspal yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Persyaratan sifat fisik aspal

Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Referensi	Satuan
Berat Jenis	Min.1	SNI 03-1737-1989	gr/cc
Titik Lembek	Min.46 ; Maks.54	SNI 03-1737-1989	°c
Penetrasi	Min.80 ; Maks.99	AASHTO T49- 89:1990	mm

### Penentuan Komposisi Campuran

Dari komposisi agregat yang dipilih maka dapat dihitung kadar aspal rancangan (Pb) dengan rumus seperti pada **Persamaan 1**.

$$Pb = 0,035 CA + 0,045 FA + 0,18 \text{ Filler} + K \quad (1)$$

Dimana, CA = Persentase agregat kasar

FA = Persentase agregat halus

Filler = Persentase filler (semen, gypsum dll)

K = Konstanta (untuk HRS 2-3)

### Pengujian Volumetrik

Pengujian volumetrik adalah pengujian untuk mengetahui besarnya nilai rongga campuran VIM, VMA, VFB dan densitas. Pengujian meliputi pengukuran tebal benda uji , diameter, berat SSD, berat kering, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler*, dan aspal. Pengujian

volumetrik ini dapat dihitung menggunakan beberapa rumus berikut:

1. Berat jenis bulk agregat campuran (Gsb) dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan 2**.

$$Gsb = \frac{P1+P2+ \dots\dots\dots+Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots\dots\dots + \frac{Pn}{Gn}} \quad (2)$$

Dimana, Gsb = Berat jenis bulk agregat campuran  
 Pn = Persentasi berat setiap fraksi terhadap berat total Campuran  
 Gn = Berat jenis bulk dari setiap fraksi agregat campuran

2. Berat jenis efektif agregat (Gse) dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan 3**.

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \quad (3)$$

Dimana, Gse = Berat jenis efektif  
 Gmm = Berat jenis campuran maksimum  
 Pmm = Persen Berat total campuran  
 Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum campuran  
 Gb = Berat jenis aspal

3. Berat jenis maksimum campuran (Gmm) dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan 4**.

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gsb} + \frac{Pb}{Gb}} \quad (4)$$

Dimana, Gmm = Berat jenis maksimum campuran  
 Pmm = Persen Berat total campuran  
 Ps = Persen agregat terhadap total campuran  
 Gse = Berat jenis efektif  
 Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum campuran  
 Gb = Berat jenis aspal

4. Rongga dalam campuran/*Void In the Mix* (VIM) dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan 5**.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (5)$$

Dimana, VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran  
 Gmb = Berat jenis curah padat  
 Gmm = Berat jenis maksimum campuran

5. Rongga diantara agregat/*Void Mixture Agregat* (VMA) dapat dihitung sesuai dengan **Persamaan 6**.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (6)$$

Dimana, VMA = Rongga antara Agregat, persen terhadap volume total campuran

Gsb = Berat jenis curah agregat  
 Gmb = Berat jenis curah campuran padat  
 Ps = Persen agregat terhadap total campuran

6. Rongga terisi bitumen/*Void Filled Bitumen* (VFB) dapat dihitung sesuai dengan

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \quad (7)$$

Dimana, VFB = Rongga terisi bitumen, persen terhadap VMA  
 VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen dari volume total campuran  
 VIM = Rongga didalam campuran, persen terhadap volume total campuran

**Pengujian Marshall**

Dari pengujian *Marshall* diperoleh parameter-parameter yang disebut dengan karakteristik *Marshall* (*Marshall properties*). Kriteria pengujian *Marshall* terdiri dari stabilitas, kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ)

1. Stabilitas dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 8**.

$$S = q \times C \times k \times 0,454 \quad (8)$$

Dimana, S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)  
 q = Pembacaan stabilitas pada dial alat *Marshall* (lb)  
 k = Faktor kalibrasi alat  
 C = Angka koreksi ketebalan  
 0,454 = Konversi beban dari lb ke kg

2. Kelelahan (*Flow*) langsung didapat dari nilai flow dari arloji alat *Marshall*

3. *Marshall Quotient* (MQ) dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 9**.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (9)$$

Dimana, MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)  
 S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)  
 F = nilai *flow* (mm)

**Persyaratan Sifat Campuran Aspal Hot Rolled Sheet – Wearing Course (Hrs-Wc)**

Nilai-nilai dari hasil pengujian volumetrik maupun pengujian *marshall* harus sesuai dengan persyaratan yang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Persyaratan campuran (Hrs-Wc)

Sifat-Sifat Campuran		Spesifikasi	
Rongga diantara agregat (VMA)	%	Min	18
Rongga terisi aspal (VFB)	%	Min	68
Rongga dalam campuran (VIM)	%	Min	3
		Maks	6
Stabilitas marshall	kg	Min	800

Flow	mm	Min	3
Marshall quotient	kg/mm	Min	250

**2. METODE**

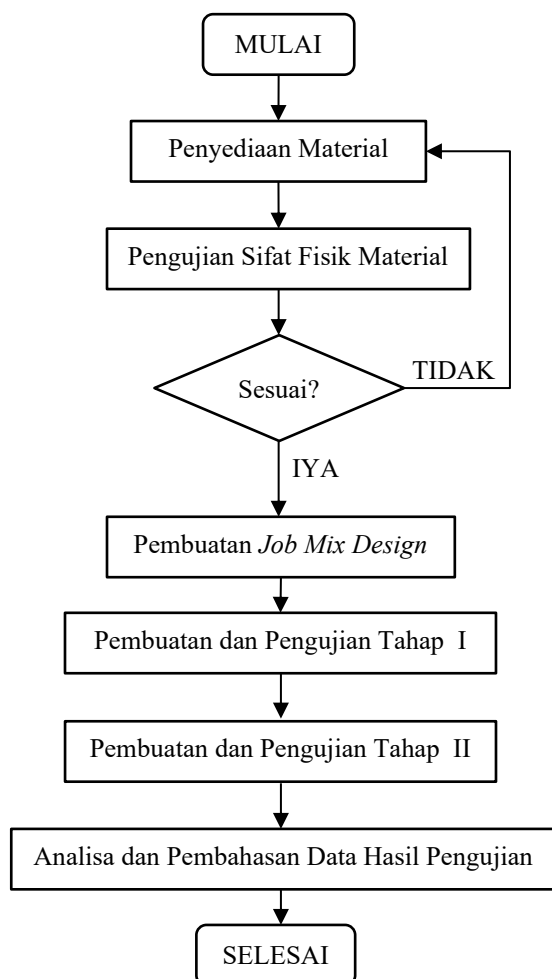
**Metode dan Rancangan Penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan 2 tahapan pengujian. Pada pengujian tahap I bertujuan untuk mendapat nilai dari kadar aspal optimum (KAO) yang dibagi menjadi 5 varian. Nilai kadar aspal dibagi atas varian Pb-1; Pb-0,5; Pb; Pb+0,5; dan Pb+1

Setelah didapat kadar aspal optimum maka untuk pengujian tahap II melakukan substitusi gypsum pengganti semen sebagai *filler*. Substitusi ini dibagi menjadi 3 varian. Nilai dari substitusi *filler* dibagi atas varian 0%/9%; 4,5%/4,5%; dan 9%/4,5%

Jumlah dari masing-masing varian campuran berjumlah 3 benda uji. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang dengan prosedur Marshall Test yang telah distandarkan oleh Bina Marga berupa Revisi SNI 03-1737-1989.

Bagan alur penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Bagan alir penelitian

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian Sifat Fisik Bahan**

1. Hasil dari pengujian sifat fisik agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Hasil pengujian sifat fisik agregat kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Berat jenis <i>bulk</i>	$\geq 2,5$ gr/cc	2,731	Memenuhi
2.	Berat jenis SSD	-	2,769	Memenuhi
3.	Berat jenis apparent	-	2,839	Memenuhi
4.	Penyerapan	Maks 3%	1,401	Memenuhi
5.	Kekerasan Agregat	Maks 30%	6,01	Memenuhi
6.	Keausan Los Angeles	Maks 30%	18	Memenuhi

2. Hasil dari pengujian sifat fisik agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 7**.

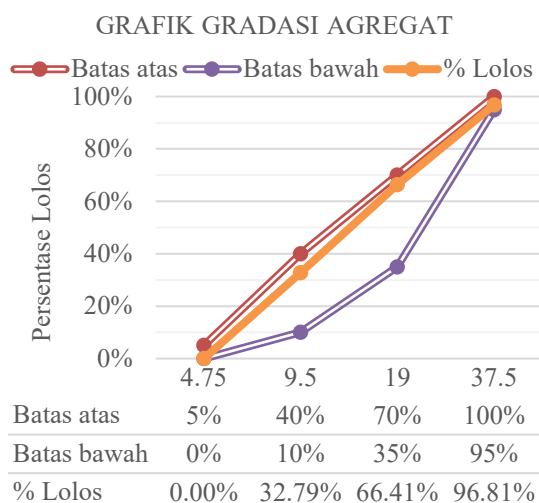
**Tabel 7.** Hasil pengujian sifat fisik agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil	Keterangan
1.	Berat jenis <i>bulk</i>	$\geq 2,5$ gr/cc	2,582	Memenuhi
2.	Berat jenis SSD	-	2,617	Memenuhi
3.	Berat jenis apparent	-	2,675	Memenuhi
4.	Penyerapan	Maks 3%	0,013	Memenuhi

3. Hasil dari pengujian gradasi agregat dapat dilihat pada **Tabel 8.** dan **Grafik 1**.

**Tabel 8.** Hasil pengujian gradasi agregat

Diameter Lubang Saringan (mm)	Tertahan		% Kumulatif	
	Individu (gram)	Individu (%)	Tertinggal	Tembus
37,5	0,000	0,00%	0,00%	100,00%
19	393,430	32,79%	32,79%	67,21%
12,5	47,840	3,99%	36,77%	63,23%
9,5	355,700	29,64%	66,41%	33,59%
4,75	364,790	30,40%	96,81%	3,19%
Pan	38,240	3,19%	100,00%	0,00%



**Grafik 1.** Hasil pengujian gradasi agregat

4. Hasil dari pengujian sifat fisik aspal dapat dilihat pada **Tabel 9**

**Tabel 9.** Hasil pengujian sifat fisik aspal

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Satuan	Keterangan
Berat Jenis	1,032	Min.1	gr/cc	MEMENUHI
Titik Lembek	48,75	Min.46 Maks.54	°c	MEMENUHI
Penetrasi	96	Min.80 Maks.99	mm	MEMENUHI

**Kadar Aspal Optimum (Tahap I)**

**1. Perhitungan Komposisi Campuran (Tahap I)**

Sebelum melakukan perhitungan kadar aspal rancangan. Terlebih dahulu dilakukan penentuan gradasi agregat seperti pada **Tabel 10**.

**Tabel 10.** Hasil penentuan persentase gradasi

Jenis Agregat	Ukuran Ayakan	Persentase
Agregat Kasar	Tertahan Ayakan 1/2"	10%
	Tertahan Ayakan 3/8"	12%
Agregat Halus	Tertahan Ayakan No. 8	28%
	Tertahan Ayakan No. 30	11%
Filler	Tertahan Ayakan No. 200	30%
	Lolos Ayakan No. 200	9%

Maka, kadar aspal rancangan (pb) dapat dihitung dan ditentukan seperti pada **Tabel 11**.

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035 (10\% + 12\% + 28\%) + 0,18 (11\% + 30\%) + 0,18 (9\%) + 2\% \\
 &= 7,5\% \text{ (untuk } K=2,5\%)
 \end{aligned}$$

**Tabel 11.** Hasil perhitungan kadar aspal rancangan

Pb - 1	Pb - 0,5	Pb	Pb + 0,5	Pb + 1
6,5%	7%	7,5%	8%	8,5%

**2. Hasil Pengujian (Tahap I)**

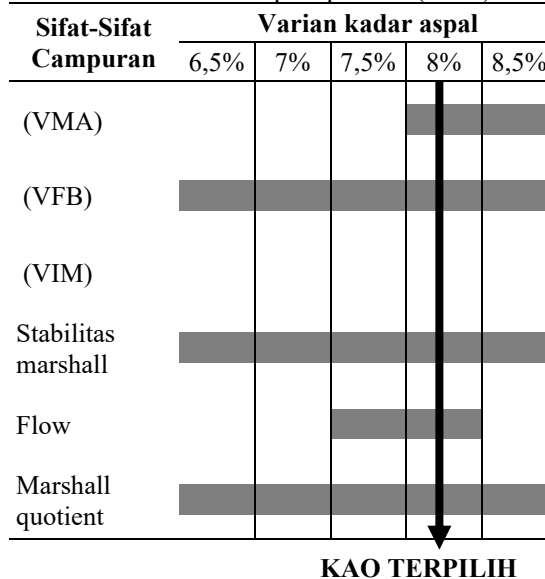
Hasil dari pengujian volumetrik dan *marshall test* dari pengujian tahap I ini dapat dilihat pada **Tabel 12**.

**Tabel 12.** Hasil pengujian tahap I

Sifat-Sifat	Varian kadar aspal				
	6,5%	7%	7,5%	8%	8,5%
<b>Campuran</b>					
VMA (%)	14,21%	15,73%	16,51%	18,02%	19,20%
VFB (%)	95,96%	95,63%	96,43%	94,81%	94,92%
VIM (%)	0,57%	0,69%	0,59%	0,93%	0,97%
<b>Stabilitas</b>					
Marshall (kg)	918,46	1005,75	1132,49	1110,11	917,00
Flow (mm)	2,54	2,50	3,19	3,03	2,89
Marshall quotient (kg/mm)	361,60	401,77	355,38	366,78	317,67

Dari data hasil rekapitulasi **Tabel 12**, beberapa kategori memenuhi syarat dan terdapat kategori dibawah dari yang disyaratkan. Maka untuk memudahkan dalam mengetahui tipe gradasi optimum dengan mempertimbangkan keseluruhan parameter, data diatas digunakan dalam pembuatan grafik barchart seperti pada **Tabel 13**.

**Tabel 13.** Pemilihan kadar aspal optimum (KAO)



**Substitusi Penambahan Gypsum (Tahap II)**

**1. Perhitungan Komposisi Campuran (Tahap II)**

Sebelum pembuatan benda uji terlebih dahulu dilakukan penentuan dan perhitungan komposisi campuran yang dapat dilihat pada **Tabel 14**.

**Tabel 14.** Penentuan persentase komposisi campuran

Jenis Agregat	Ukuran Ayakan	Persentase		
		1	2	3
Agregat Kasar	Tertahan Ayakan 1/2"	10%		
	Tertahan Ayakan 3/8"	12%		
Agregat Halus	Tertahan Ayakan No. 8	28%		
	Tertahan Ayakan No. 30	11%		
	Tertahan Ayakan No. 200	30%		
Filler	Semen	9%	4,5%	0%
	Gypsum	0%	4,5%	9%

Untuk persentase kadar aspal digunakan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 8% dari berat total gradasi.

**2. Hasil Pengujian (Tahap II)**

Hasil dari pengujian volumetrik dan *marshall test* dari pengujian tahap II ini dapat dilihat pada **Tabel 15**.

**Tabel 15.** Hasil pengujian tahap II

Sifat-Sifat Campuran	Varian kadar aspal		
	9/0%	4,5/4,5%	0/9%
VMA (%)	18,02%	17,83%	18,02%
VFB (%)	94,81%	95,99%	96,87%
VIM (%)	0,93%	0,72%	0,56%
Stabilitas Marshall (kg)	1110,11	913,46	909,61
Flow (mm)	3,03	2,96	3,10
Marshall quotient (kg/mm)	366,78	308,60	293,74

Dari data hasil rekapitulasi **Tabel 15**, beberapa kategori memenuhi syarat dan terdapat kategori dibawah dari yang disyaratkan. Maka untuk memudahkan dalam mengetahui persentase substitusi terpilih dengan mempertimbangkan keseluruhan parameter, data diatas digunakan dalam pembuatan grafik barchart seperti pada **Tabel 16**.

**Tabel 16.** Pemilihan campuran substitusi optimal

Sifat-Sifat Campuran	Perbandingan semen/gypsum		
	9/0 %	4,5/4,5 %	0/9 %
Rongga diantara agregat (VMA)			
Rongga terisi aspal (VFB)			
Rongga dalam campuran (VIM)			
Stabilitas marshall			
Flow			
Marshall quotient			

**TERPILIH**

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian pengujian volumetric dan *marshall* didapatkan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran HRS-WC adalah 8%. Pada kadar aspal 8% (KAO) didapatkan nilai VMA sebesar 18,02%; VFB 94,81%; VIM 0,93%; Stabilitas 1110,11 kg; Flow 3,03 mm; dan MQ 366,78 kg/mm.

2. Dari hasil pengujian volumetrik campuran normal dan campuran substitusi, didapatkan nilai VIM, VMA, dan VFB. Pada kondisi normal dan substitusi penambahan semen/gypsum sebagai filler 9%/0%; 4,5%/4,5%, dan 0%/9% hasil parameter-parameter volumetrik memenuhi syarat kecuali nilai VIM. Sedangkan dengan adanya substitusi semen/gypsum sebagai filler sebesar 0%/9% menunjukkan bahwa peran gypsum pengganti semen sebagai filler tidak mengalami pengaruh drastic terhadap nilai VMA, VFB, VIM, stabilitas marshall, flow dan MQ. Sedangkan pada substitusi semen/gypsum sebagai filler sebesar 4,5%/4,5% menunjukkan bahwa semen dan gypsum tidak dapat digunakan bersamaan karena mempengaruhi nilai VMA dan flow tidak memenuhi nilai persyaratan RSNI 03-1737-1989

**DAFTAR PUSTAKA**

- (1) Adibroto, Fauna. 2014. *Studi Pemanfaatan Abu Tanah Liat Bakar Asal Gunung Sarik Padang sebagai Filler pada Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) – WC*. Padang : Politeknik Negeri Padang
- (2) Aminuddin, dkk. 2018. *Job Mix Laston (AC-BC) Menggunakan Bubuk Gypsum dan Abu Bata Merah*. Kediri: Universitas Kadiri
- (3) Spesifikasi Umum Bina Marga. 2010. *Divisi 6 tentang Perkerasan Jalan*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta
- (4) SNI 03-1737-1989. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*
- (5) Departemen Kimpraswil Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. 2002. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*. Jakarta
- (6) Sukirman, Silvia. 2003. *Perkerasan Jalan Raya*. Jakarta: Nova
- (7) Totomihardjo, S. 1995. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- (8) Juliasti, L.E. 2013. *Pemanfaatan Limbah Karbid sebagai Filler untuk Campuran Beton Aspal terhadap Karakteristik Hot Rolled Sheet-B (HRS-B)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Atmajaya Yogyakarta
- (9) Kusumaningtyas, F. 2014. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Filler untuk Campuran Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
- (10) Anam, S. (2018). *Pengujian Perkerasan Aspal Porus dengan Penambahan Tread Ban Bekas pada Uji Marshall*. Kediri : Universitas Kadiri

- (11) Wikipedia. 2020. *Gypsum*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Gypsum>, diakses 10 Januari 2020
- (12) Lavin, P. 2003. *Asphalt Pavement*. New York : Spon Press
- (13) Rahmawati & Rizana. 2015. *Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena sebagai Pengganti Agregat pada Campuran Laston terhadap Karakteristik Marshall (105M)*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- (14) Fauziah & Wijayanti. 2016. *Pengaruh Kadar Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus*. Jakarta : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
- (15) Arifin, dkk. 2008. *Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (Iks) Campuran Lapisan Aspal Beton (Laston)*. Malang : Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang