

# Pemanfaatan Material Lokal Distrik Waropko untuk Campuran Aspal Beton *Hot Rolled Wearing Course* (HRS - WC)

Adi Muhtarom<sup>1</sup>, Dina Pasa Lolo<sup>1\*</sup>, Yance Kakerissa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Universitas Musamus  
Merauke, Papua Selatan, Indonesia

\*Correspondent author: [dinapasa@unmus.ac.id](mailto:dinapasa@unmus.ac.id)

Diterima: 10 Oktober 2024, Direvisi: 23 Oktober 2024, Diterima untuk dipublikasikan: 31 Oktober 2024

**Abstrak** - Penggunaan material dalam pembangunan jalan di wilayah Papua Selatan pada umumnya menggunakan material yang di datangkan dari Kota Palu. Hal tersebut menimbulkan tingginya harga material sehingga menyebabkan satuan harga pembangunan cukup mahal. Distrik Waropko adalah salah satu daerah di Provinsi Papua Selatan yang memiliki potensi sumber daya alam berupa batu maupun pasir yang cukup besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik material lokal Distrik waropko, apakah layak untuk dijadikan material penyusun campuran perkerasan HRS - WC. Penelitian ini menggunakan metode *marshall* mengacu pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pemeriksaan uji fisis agregat, pemeriksaan volumetrik campuran VIM, VMA, VFA, stabilitas *marshall*, *flow* dan *marshall quotient*. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan agregat lokal Distrik Waropko untuk lapisan HRS-WC didapat proporsi campuran dengan persen gradasi agregat kasar 15%, agregat sedang 23%, agregat halus abu batu 51%, pasir 9% dan *filler* 2%. Hasil pengujian *marshall* diperoleh dari kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,60% yaitu senilai VIM 4,96%, VMA 17,90%, VFA 72,75%, dan *marshall immersion* sebesar 96,3%. Dengan demikian karakteristik material lokal Distrik Waropko memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

**Kata kunci** : harga material, agregat Waropko, uji *marshall*, Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, HRS-WC

**Abstract** - Materials used in road construction in the South Papua region are generally imported from Palu City. This causes high material prices, making the unit price of construction quite expensive. Waropko District is one of the areas in South Papua Province that has quite a large natural resource potential in the form of stone and sand. The purpose of this study was to determine the characteristics of local materials in the Waropko District, and whether they are suitable to be used as materials for the HRS - WC pavement mixture. This study refers to the 2018 Bina Marga General Specification standard. The method used is the Marshall method. The examinations carried out include physical aggregate test examinations, and volumetric examinations of VIM, VMA, VFA, marshall stability, flow, and marshall quotient mixtures. Based on the results of the study, the use of local aggregates in the Waropko District for the HRS-WC layer obtained a mixture proportion with a percentage of coarse aggregate gradation of 15%, medium aggregate of 23%, fine aggregate stone ash 51%, sand 9% and filler 2%. The results of the Marshall test were obtained from the optimum

*asphalt content (KAO) of 6.60%, which is VIM of 4.96%, VMA of 17.90%, VFA of 72.75%, and marshall immersion of 96.3%. Thus, the characteristics of local materials in Waropko District meet the 2018 Bina Marga General Specification standards..*

**Keywords:** material price, Waropko agregat, marshall test, 2018 Bina Marga General Specification, HRS-WC

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan material dalam pembangunan bidang konstruksi semakin meningkat jumlahnya, seiring dengan banyaknya pembangunan jalan di Indonesia terkhusus pada provinsi baru seperti Provinsi Papua Selatan (PPS) sebagai salah satu upaya pemerintah dalam mensejahterakan masyarakat dalam suatu daerah. Material merupakan salah satu bagian paling penting dalam menentukan baiknya teknik pelaksanaan yang berkaitan pada mutu suatu konstruksi jalan, dan untuk menentukan nilai harga material yang berhubungan dengan ekonomis atau tidaknya penggunaan material[1]. Peningkatan jumlah kendaraan terutama di wilayah Trans Papua yang memenuhi ruas-ruas jalan secara langsung akan mempengaruhi beban lalu lintas yang dipikul oleh jalan dan ditambah lagi iklim tropis di Indonesia yang menyebabkan suhu dan cuaca selalu berubah-ubah sehingga menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan dini pada lapisan perkerasan[2].

Pemanfaatan material lokal dalam perencanaan campuran agregat aspal menjadi hal yang sangat penting dengan mempertimbangkan ketersediaan material dan keunggulan teknis yang dimiliki. Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan di wilayah Trans Papua pada umumnya menggunakan material batuan yang di datangkan dari Kota Palu[3]. Hal tersebut menimbulkan tingginya harga material sehingga menyebabkan satuan harga pembangunan cukup mahal[4].

Distrik Waropko Kabupaten Boven Digoel adalah salah satu daerah di Provinsi Papua Selatan yang memiliki potensi sumber daya alam berupa batu maupun pasir yang cukup besar. Batu pada daerah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran lapis tipis aspal beton HRS-WC. Batuan ini mudah didapat dan tidak memerlukan biaya transportasi yang besar untuk mendatangkannya, hal itu disebabkan oleh lokasi yang sangat terjangkau.

Pada penelitian ini menggunakan metode *marshall* mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Bina

Marga mengembangkan campuran lapis tipis aspal beton *hot rolled wearing course* (HRS-WC) yang diyakini dapat menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik. HRS-WC merupakan campuran lapis tipis beton menggunakan gradasi senjang dengan ukuran maksimum agregat adalah 19 mm[5]. Salah satu aspek yang menentukan mutu campuran beton aspal yang baik adalah menggunakan material dengan karakteristik yang baik[6].

Dalam penelitian terdahulu hanya menganalisis karakteristik material lokal di Kali Kao, Kampung Ogenatan, Kabupaten Boven Digoel untuk campuran perkerasan HRS-Base. Namun pada penelitian ini menganalisis karakteristik material lokal Distrik Waropko, Kabupaten Boven Digoel untuk campuran perkerasan HRS-WC[7].

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik material lokal Distrik Waropko, Kabupaten Boven Digoel, apakah layak untuk dijadikan campuran perkerasan HRS-WC.

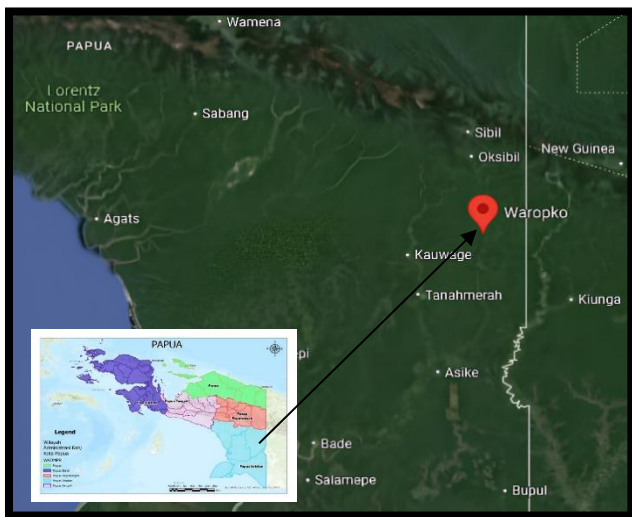
**2. METODE PENELITIAN**

**2.1 Jenis penelitian**

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mengetahui karakteristik material lokal Distrik Waropko. Percobaan di Laboratorium dengan menggunakan Standar Bina Marga 2018.

**2.2 Lokasi pengambilan sampel**

Lokasi pengambilan sampel untuk agregat lokal dilakukan di koordinat 5°41'21.4"S 140°46'50.5"E, Distrik Waropko, Kabupaten Boven Digoel. Gambar peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel Distrik Waropko, Kabupaten Boven Digoel

**2.3 Bahan penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan Aspal

**2.4 Pemeriksaan agregat**

Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tiap agregat dalam campuran aspal beton.

Pemeriksaan karakteristik agregat meliputi pemeriksaan keausan/abrasi, uji tumbukan *agregat impact value*, berat jenis, dan analisa saringan[8].

**2.5 Metode pengujian**

Metode pengujian stabilitas karakteristik *marshall* HRS-WC mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Penelitian ini membuat benda uji sebanyak 21 sampel, dengan menggunakan 5 variasi kadar aspal yaitu 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %, 8 %, dan KAO. Perhitungan rencana *mix design* antara lain :

- Pemeriksaan gradasi dari masing-masing agregat
- Menentukan komposisi gradasi gabungan agregat HRS - WC
- Menghitung perkiraan kadar aspal (Pb)
- Menghitung kadar aspal rencana/variasi aspal
- Menghitung berat agregat yang diperlukan untuk benda uji
- Menentukan berat jenis agregat kasar, halus, dan *filler*

**2.6 Pengujian *marshall***

Pengujian dimaksud untuk menentukan nilai ketahanan (*stability*) terhadap penurunan (*flow*) serta pemeriksaan analisis kepadatan dan pori dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 2489-2018[9].

**2.7 Teknik analisis data**

Data-data yang didapatkan selanjutnya akan di analisa, untuk mencapai tujuan dalam penelitian akan diuraikan sebagai berikut :

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran tertahan di saringan no 4 (4,75 mm). Pengujian berat jenis dan penyerapan air di lakukan terhadap agregat kasar batu pecah 1-2, dan batu pecah 0,5-1 menggunakan persamaan berikut.

- Berat jenis *bulk*

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \tag{1}$$

Keterangan :

- Bk = Berat kering agregat (gram)
- Bj = Berat agregat kering permukaan (gram)
- Ba = Berat agregat dalam air (gram)

- Berat jenis kering permukaan

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \tag{2}$$

Keterangan :

- Bj = Berat agregat kering permukaan (gram)
- Ba = Berat agregat dalam air (gram)

- Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis } apparent = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \quad (3)$$

Keterangan :

Bk = Berat kering agregat (gram)  
Ba = Berat agregat dalam air (gram)

- Penyerapan agregat

$$\text{Penyerapan air} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan :

Bk = Berat kering agregat (gram)  
Bj = Berat agregat kering permukaan (gram)

- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran lolos di saringan no 4 (4,75 mm). Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan terhadap agregat halus pasir dan abu-batu menggunakan persamaan berikut.

- Berat jenis *bulk*

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{Bk}{((B + 500) - Bt)} \quad (5)$$

Keterangan :

Bk = Berat kering agregat (gram)  
B = Berat botol + air (gram)  
Bt = Berat botol + air + berat agregat (gram)

- Berat jenis kering permukaan

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{500}{((B + 500) - Bt)} \quad (6)$$

Keterangan :

B = Berat botol + air (gram)  
Bt = Berat botol + air + berat agregat (gram)

- Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis } apparent = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (7)$$

Keterangan :

Bk = Berat kering agregat (gram)  
B = Berat botol + air (gram)  
Bt = Berat botol + air + berat agregat (gram)

- Penyerapan agregat

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(500 - Bk)}{(Bk)} \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan :

Bk = berat kering agregat (gram)

- c. Analisa saringan agregat

Dalam pengujian analisa saringan agregat terdiri dari agregat kasar, agregat sedang, pasir, dan *filler* yang tertahan pada masing-masing ayakan. Gradasi agregat di hitung menggunakan persamaan berikut.

- Perhitungan persentase tertahan kumulatif

$$PTK = \frac{\Sigma \text{ persen kumulatif tertahan}}{100} \quad (9)$$

Keterangan:

PTK = Persen tertahan kumulatif (%)

- Perhitungan persentase tertahan kumulatif

$$PLK = 100 - \text{persen tertahan kumulatif} \quad (10)$$

Keterangan:

PLK = Persen lolos kumulatif (%)

- d. Pengujian abrasi

Pengujian abrasi dilakukan untuk menguji sifat mekanis dari agregat kasar yang digunakan untuk memenuhi kelayakan mutu agregat tersebut. Nilai maksimum abrasi adalah 40%[10].

$$\text{Nilai abrasi} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \quad (11)$$

Keterangan :

W1 = Berat benda uji awal (gram)  
W2 = Berat benda uji tertahan ayakan no. 12

- e. Pengujian tumbukan *agregat impact value*

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan agregat terhadap beban tumbukan sebagai simulasi beban lalu lintas di lapangan. Nilai maksimum AIV adalah 30%.

$$AIV (\%) = \frac{B}{A} \times 100 \quad (12)$$

Keterangan :

AIV = *Agregat impact value*  
B = Berat sampel lolos saringan 2,36 mm (gr)  
A = Berat total sampel setelah tumbukan (gr)

## 2.8 Perencanaan gradasi campuran

Gradasi agregat beton aspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan harus memenuhi batas-batas yang disyaratkan pada campuran HRS-WC. Persen gradasi harus sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018[11].

$$e = ((AK) a) + ((AM) b) + ((F/) c) + ((PS) d) \quad (13)$$

Keterangan :

AK = Coba-coba agg. kasar (%)  
AM = Coba-coba agg. medium (%)  
F = Coba-coba *filler* (%)

- PS = Coba-coba pasir (%)
- a = Rata-rata lolos saringan agg. kasar (%)
- b = Rata-rata lolos saringan agg. medium (%)

Presentase kombinasi agregat yang diperoleh dari hasil *trial and error* tidak boleh melebihi batas yang ditentukan oleh Bina Marga 2018.

2.9 Rancangan komposisi campuran beton aspal HRS-WC

Rancangan komposisi campuran ini ditujukan untuk menentukan presentase dari masing-masing fraksi agregat dan memperoleh perkiraan kadar aspal. Fraksi agregat terdiri dari fraksi kasar, fraksi halus, dan fraksi bahan pengisi.

a. Fraksi kasar

Fraksi kasar adalah agregat yang tertahan di atas saringan no. 8 (2,36 mm).

$$CA = 100\% - GAK \tag{14}$$

Keterangan :

GAK = Kombinasi agregat kasar (%)

b. Fraksi halus dan bahan pengisi

Fraksi halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm) sedangkan bahan pengisi adalah agregat yang lolos ayakan no. 100 dan paling kurang 75 % lolos ayakan no. 200.

- Fraksi halus

$$FA = GAK - FF \tag{15}$$

Keterangan :

GAK = Kombinasi agregat kasar (%)

FF = Proporsi bahan pengisi (%)

c. Kadar aspal rencana

Untuk variasi kadar aspal rencana diperoleh dengan cara mengurangi dan menjumlahkan nilai Pb seperti berikut.

- Kadar aspal rencana

$$Pb = 0,035 (CA) + 0,045 (FA) + 0,18 (FF) + K \tag{16}$$

Keterangan :

Pb = Kadar aspal perkiraan (%)

CA = Proporsi fraksi kasar (%)

FA = Proporsi fraksi halus (%)

FF = Proporsi bahan pengisi (%)

K = Konstanta (2 – 3 untuk HRS-WC)

- Variasi kadar aspal

$$(Pb - 1\%), (Pb - 0,5\%), Pb, (Pb + 0,5\%), (Pb + 1\%) \tag{17}$$

Keterangan :

Pb = Kadar aspal perkiraan (%)

2.10 Menentukan berat proporsi agregat dan aspal

Menghitung jumlah proporsi tiap-tiap agregat untuk campuran standar HRS-WC memerlukan agregat dan aspal sebanyak 1.200 gram untuk setiap benda uji. Proporsi campuran aspal diperoleh hasil dari perhitungan berikut. [12]

- Berat agregat tertimbang

$$BT = \frac{BTC \times (100 - Pb) \times \text{komposisi agregat}}{100} \tag{18}$$

Keterangan :

BT : Berat agregat tertimbang (gram)

BTC : Berat total campuran (gram)

- Berat aspal

$$BA = \frac{Pb \times BTC}{100} \tag{19}$$

Keterangan :

Pb = Kadar aspal rencana (%)

BTC = Berat total campuran (gram)

BA = Berat aspal (gram)

2.11 Pengujian *marshall*

Pengujian *marshall* dilakukan untuk mengukur nilai stabilitas dan kelelahan menggunakan *proving ring* dan *flow meter*. Kualitas aspal ditentukan oleh volumeterik beton aspal. Untuk perhitungan *marshall* menggunakan persamaan sebagai berikut : [13]

- Berat jenis *bulk* ( $G_{sb}$ )

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{P3}{G3} + \frac{P4}{G4}} \tag{20}$$

Keterangan :

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* agg.

P1,..Pn = Persen masing-masing fraksi agg.

G1,..Gn = Berat jenis *bulk* masing- masing agg.

- Rongga dalam agregat campuran

$$VMA = 100 - \frac{\text{Berat volume} \times (100 - Ka)}{Bj \text{ Agregat } bulk} \tag{21}$$

Keterangan :

VMA = *Voids in the material agregat*

Ka = Kadar aspal

- Rongga antara butir agregat terisi aspal

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \tag{22}$$

Keterangan :

VFA = *Voids filled asphalt*

VMA = *Voids in the material agregat*

VIM = *Voids in the mix*

- Rongga udara dalam campuran aspal

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat isi}}{bj \text{ maksimum teoritis}} \tag{23}$$

Keterangan :

VIM = *Voids in the mix*

- Kepadatan

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{berat kering}}{\text{berat isi}} \quad (24)$$

### 2.12 Kadar aspal optimum

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang mampu memberikan stabilitas tinggi pada lapisan perkerasan dimana semua volumetrik beton aspal terpenuhi [14].

### 2.13 Marshall Immertion

. Pengujian *marshall immertion* adalah lanjutan dari pengujian *marshall*, perbedaannya hanya pada lama waktu perendaman sampel uji di *waterbath*. Nilai *marshall immertion* dapat diperoleh dari rumus berikut: [15]

$$\text{Indeks Kekuatan Sisa} = \left( \frac{S_{24}}{S_0} \right) \times 100 \% \quad (25)$$

Keterangan :

S<sub>24</sub> = Nilai stabilitas benda uji setelah direndam selama 24 jam

S<sub>0</sub> = Nilai stabilitas benda uji setelah direndam selama 30 menit

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengujian keausan/abrasi

Pengujian abrasi dilakukan untuk menguji sifat mekanis dari agregat kasar yang digunakan untuk memenuhi kelayakan mutu agregat tersebut. Untuk perhitungan nilai keausan/abrasi diperoleh menggunakan persamaan (11).

$$\text{Nilai abrasi} = \frac{5.000 - 4.311}{5.000} \times 100 \% = 13,78 \%$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Pengujian abrasi

Gradasi pemeriksaan		Jumlah putaran = 500		
Ukuran saringan		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Lolos	Tertahan	(gram)	(gram)	(gram)
9,5 mm	6,3 mm	2.500	2.500	2.500
6,3 mm	4,75 mm	2.500	2.500	2.500
Jumlah berat benda uji (gram)		5.000	5.000	5.000
Berat tertahan saringan No. 12 (1,7 mm) setelah abrasi (gram)		4311	4281	4305
Nilai keausan benda uji (%)		689	719	695
Nilai rata-rata (%)		14,02		

### 3.2 Uji tumbukan agregat impact value

Pengujian dilakukan terhadap 3 sampel, rata-rata nilai dari pengujian AIV ini maksimal harus kurang dari

30%. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan agregat terhadap beban tumbukan sebagai simulasi beban lalu lintas di lapangan. Perhitungan nilai AIV menggunakan persamaan (12).

$$\begin{aligned} AIV &= \frac{53,9}{574} \times 100 \\ &= 9,39 \% \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Uji tumbukan agregat impact value

Pengujian	Satuan	Sampel		
		1	2	3
Berat wadah	gram	3152	3152	3152
Berat wadah + sampel	gram	3726	3794	3799
Berat sampel lolos saringan 2,36 mm	gram	53,9	51,7	47,5
Berat sampel tertahan saringan 2,36 mm	gram	520	590	599
Total	gram	573,9	641,7	646,5
Agregat impact value	%	9,39	8,06	7,35
Rata-rata	%	8,27		

### 3.3 Analisa pengujian karakteristik agregat

Agregat lokal Distrik Waropko yang digunakan yakni agregat batu pecah 1-2, agregat batu pecah 0,5-1, agregat halus pasir, dan agregat halus abu batu. Untuk pengujian berat jenis agregat menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) dan (8). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil analisa berat jenis

Komponen	Proporsi (%)	Satuan	Berat jenis	
			Bulk	Apparent
Batu pecah 1-2	15 %	gram	2,74	2,76
Batu pecah 0,5	23 %	gram	2,74	2,75
Abu batu	51 %	gram	2,57	2,59
Pasir	9 %	gram	2,59	2,62
Hasil		gram	2,64	2,66

### 3.4 Pengujian analisa saringan

Pengujian dilakukan dengan ayakan saringan 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 2,36 mm, 0,6 mm, dan 0,075 mm sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sampel agregat batu pecah 1-2, batu pecah 0,5-1, abu batu, pasir, dan filler. Masing-masing di ayak sebanyak 2.500 gram dan dihitung menggunakan persamaan (9) dan (10).

Perhitungan resentase tertahan kumulatif saringan 19 mm sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Presentase tertahan kumulatif} &= (0 / 2500) \times 100 \% \\ &= 0,00 \% \end{aligned}$$

$$\text{Presentase lolos kumulatif} = 100 \% - 0,00 \%$$

$$= 100 \%$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Gradasi hasil analisa saringan agregat

No. Ayakan mm	Batu pecah 1 - 2	Batu pecah 0,5 - 1	Abu batu	Pasir	Filler	Hasil
19,0	100	100	100	100	100	100,00
12,5	42,75	100	100,00	100	100	91,41
9,5	8,56	82,17	100,00	100	100	82,18
2,36	0,53	14,84	92,41	83	100	60,07
0,6	0,53	3,97	65,89	55	100	41,55
0,075	0,53	3,08	9,53	7	81,93	7,95

### 3.5 Perencanaan gradasi gabungan

Untuk mencari presentase gradasi gabungan masing-masing agregat dilakukan percobaan menggunakan metode *trial and error*. Penentuan gradasi gabungan menggunakan persamaan (13). Hasil perhitungan gradasi gabungan sebagai berikut.

Perhitungan presentase gradasi gabungan agregat lolos saringan 19 mm sebagai berikut.

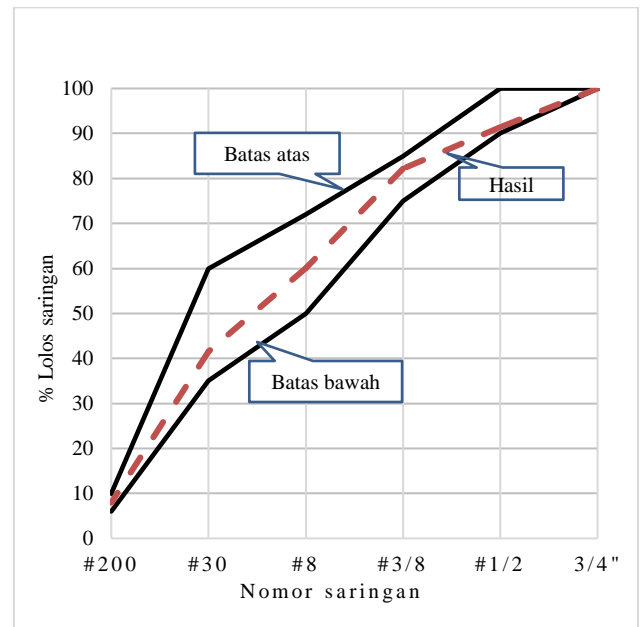
$$e = ((15\%) 100) + ((23\%) 100) + ((2\%) 100) + ((9\%) 100) = 100 \%$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Gradasi gabungan agregat

No. Ayakan Mm	Batu pecah 1 - 2	Batu pecah 0,5 - 1	Abu batu	Pasir	Filler	Hasil
19,0	15,00	23,00	51,00	9,00	2,00	100
12,5	6,41	23,00	51,00	9,00	2,00	91,41
9,5	1,28	18,90	51,00	9,00	2,00	82,18
2,36	0,08	3,41	47,13	7,45	2,00	60,07
0,6	0,08	0,91	33,61	4,95	2,00	41,55
0,075	0,08	0,71	4,86	0,66	1,64	7,95

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 1 grafik gabungan gradasi agregat berikut.



Gambar 1. Grafik gradasi gabungan agregat

### 3.6 Rancangan campuran beton aspal HRS-WC

Untuk menghitung rancangan campuran menggunakan persamaan (14) dan (15).

- Proporsi fraksi kasar

Jumlah agregat 100 %

$$CA = 100 \% - 60,07 \% = 39,93 \%$$

- Proporsi fraksi halus dan filler

$$FF = 7,95 \%$$

$$FA = 60,07 \% - 7,95 \% = 52,12 \%$$

Untuk kadar aspal rencana diperoleh menggunakan persamaan (16).

$$Pb = 0,035 (39,93) + 0,045 (52,12) + 0,18 (7,95) + 2 = 7,17 \% \approx 7 \%$$

Dari kadar aspal rencana diperoleh nilai variasi kadar aspal menggunakan persamaan (17)

(Pb-1 %), (Pb-0,5 %), Pb (Pb+0,5 %), (Pb+1 %)

### 3.7 Menentukan berat proporsi agregat dan aspal

Untuk menentukan berat tiap-tiap agregat dan aspal menggunakan persamaan (18), (19) dan (20).

- Berat agregat tertimbang

$$BT = 1.200 \times (100-6) \times 15/100 = 169,2 \text{ gram}$$

- Berat aspal

$$BA = 6 \times 1.200/100 = 72 \text{ gram}$$

Untuk perhitungan berat agregat HRS-WC dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Berat agregat untuk beton aspal HRS-WC

Komposisi campuran	Proporsi	Berat timbangan (BT)				
		Kadar aspal rencana (%)				
		6	6,5	7	7,5	8
Batu pecah 1/2	15 %	169,2	168,3	167,4	166,5	165,0
Batu pecah 0,5	23 %	259,4	258,1	256,7	255,3	253,9
Abu batu	51 %	575,3	572,2	569,2	566,1	563,0
Pasir	9 %	101,5	101,0	100,4	99,9	99,4
Filler	2 %	22,6	22,4	22,3	22,2	22,1
Berat aspal (gram)		72,0	78,0	84,0	90,0	96,0
Berat rencana total campuran (gram)		1200	1200	1200	1200	1200

3.8 Pengujian *marshall*

Pengujian *marshall* dilakukan setelah perendaman 40 menit dengan pemadatan 2 x75 tumbukan. Perhitungan yang digunakan menggunakan persamaan (21), (22), (23) dan (24).

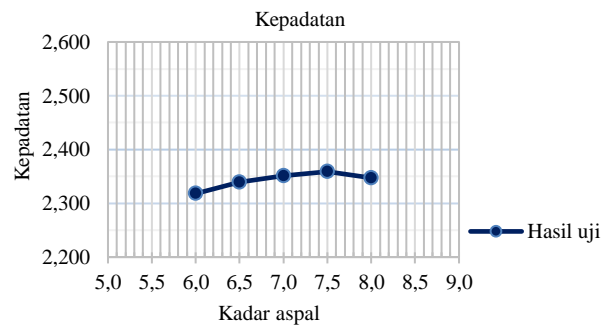
Tabel 7. Rekapitulasi pengujian *marshall*

Karakteristik	Standar Bina Marga 2018	Kadar aspal (%)				
		6,00%	6,50%	7,00%	7,50%	8,00%
Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	-	2,33	2,34	2,35	2,36	2,35
Stability (Kg)	Min 800	1.991,7	2.331,3	2.446,7	2.354,4	1.929,3
VIM (%)	3-5	5,65	4,16	3,05	2,08	1,94
VFA (%)	Min 68	67,97	76,12	82,45	88,17	89,42
VMA (%)	Min 17	17,62	17,31	17,34	17,50	18,36
Flow (mm)	-	3,87	5,07	5,33	5,60	6,57

3.9 Karakteristik *marshall* HRS-WC

a. Kepadatan (*Bulk density*)

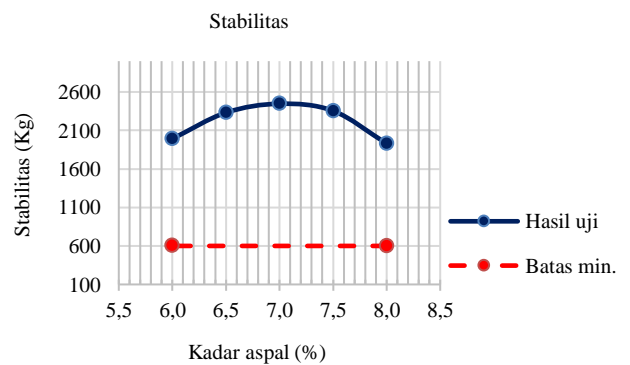
Kepadatan rata-rata yang diperoleh kadar aspal pada campuran aspal beton agregat lokal Distrik Waropko. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar aspal dan kepadatan

b. Stabilitas (*Stability*)

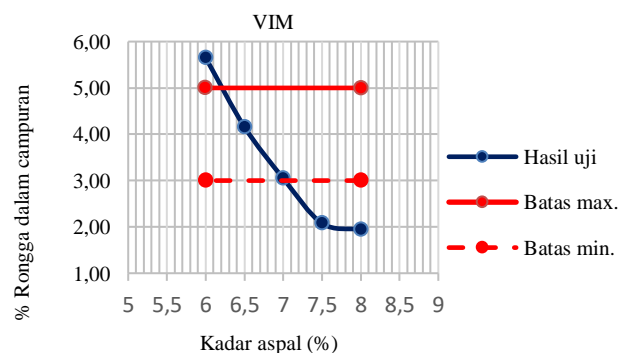
Stabilitas yang diperoleh menunjukkan stabilitas tertinggi ada pada kadar aspal 7 %, dimana nilai stabilitas yang diperoleh sebesar 2.446,7 kg dan nilai stabilitas terendah pada kadar aspal 8 % dengan nilai stabilitas 1.929,3 kg. Untuk grafik hubungan kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas

c. Rongga udara dalam campuran (*Voids in the mix, VIM*)

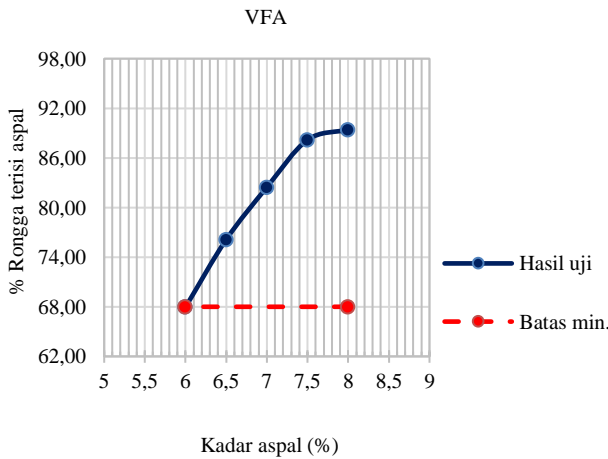
Nilai rongga dalam campuran pada kadar aspal yang memenuhi syarat terdapat pada kadar aspal 6,2 % – 7 %. Ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 3-5 %. Untuk grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VIM dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM (*Voids in the mix*)

d. Rongga terisi aspal (*Voids filled with aspal, VFA*)

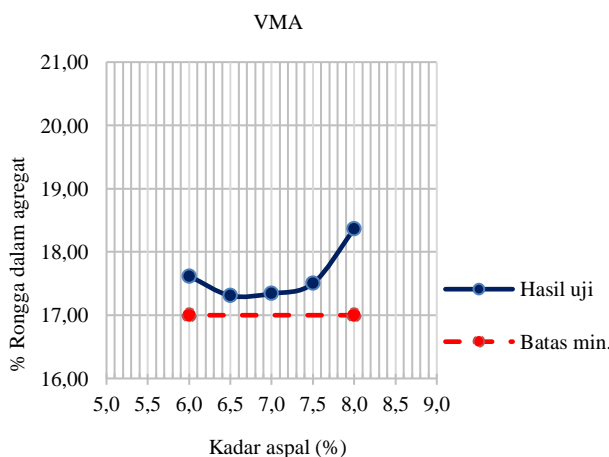
Nilai VFA tertinggi pada campuran terdapat pada kadar aspal 8% yaitu senilai 89,42 % dan nilai VFA terendah pada kadar aspal 6 % yaitu senilai 67,97% sehingga tidak memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu 68 %. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan kadar aspal dan nilai VFA dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFA (*Voids filled with aspal*)

e. Rongga antara mineral agregat (*Voids in mineral, VMA*)

Nilai VMA pada campuran aspal beton menggunakan agregat lokal Distrik Waropko tertinggi pada kadar aspal 8% yaitu senilai 18,36 %. dan nilai VMA terendah pada kadar aspal 6,5 % yaitu senilai 17,31 %. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan kadar aspal dan nilai VMA dapat dilihat pada gambar 6.

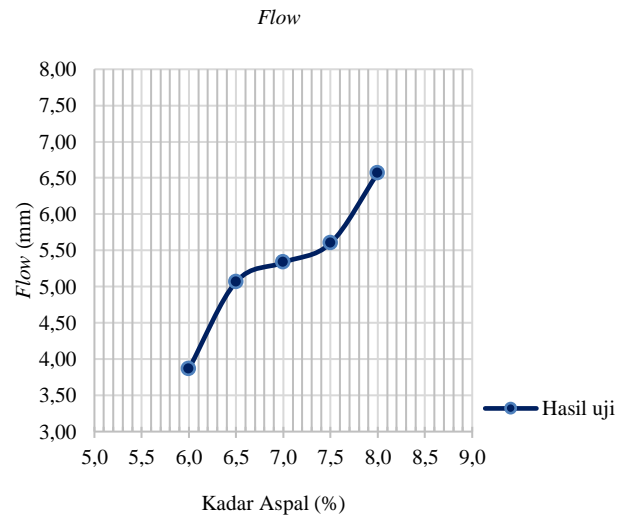


Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA (*Voids In Mineral*)

f. Kelelehan (*flow*)

Nilai kelelehan (*flow*) yang didapatkan dari 5 kadar aspal pada campuran aspal beton menggunakan agregat lokal Distrik Waropko cenderung mengalami kenaikan . nilai *flow*

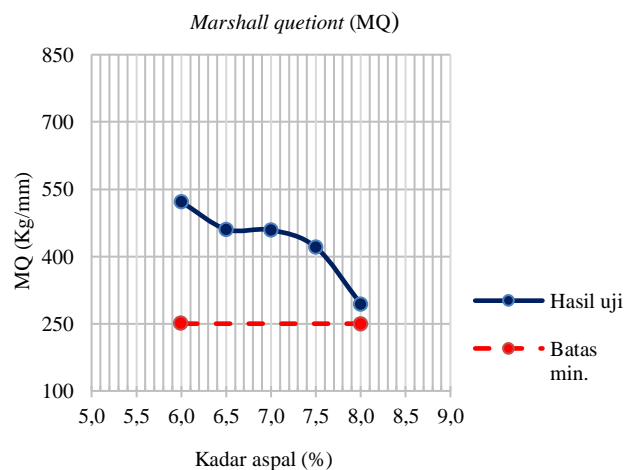
tertinggi pada kadar aspal 8% sebesar 6,57 %, dan nilai *flow* terendah pada kadar aspal 6 % sebesar 3,87 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan kadar aspal dan kelelehan (*flow*)

g. *Marshall quotient*

Nilai *marshall quotient* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6 % sebesar 521,8 % . sedangkan nilai terendah *marshall quotient* terdapat pada kadar aspal 8 % yaitu sebesar 294,2 % kg/mm. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan kadar aspal dan nilai VFA dapat dilihat pada gambar 8.

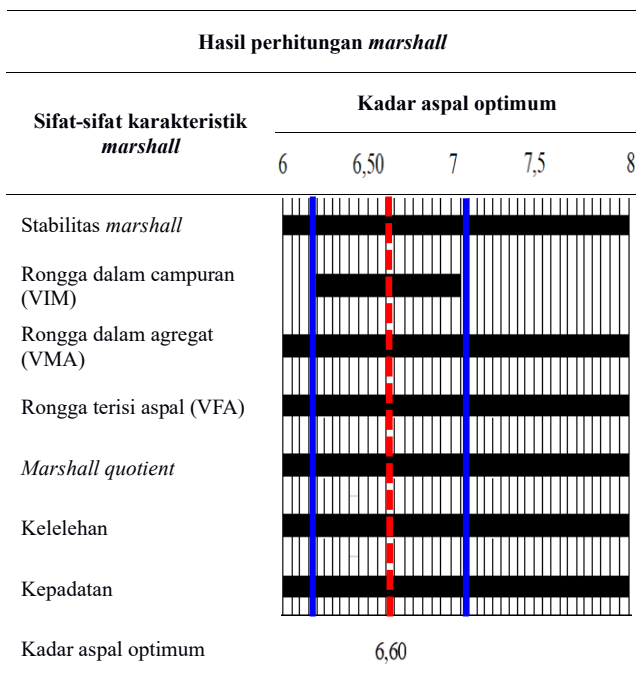


Gambar 8. Grafik hubungan kadar aspal dan *marshall quotient*

3.10 Pembahasan hasil pengujian

Untuk campuran aspal beton menggunakan agregat lokal Distrik Waropko diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) 6,60 % dimana semua nilai volumetrik dari HRS-WC terpenuhi, sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Untuk grafik volumetrik campuran dapat dilihat pada gambar 9.





Gambar 9. Grafik evaluasi hasil perhitungan *marshall*

3.11 Pengujian *marshall immersion*

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum, selanjutnya membuat rancangan campuran aspal untuk di lakukan pengujian *marshall*. Benda uji di buat sebanyak 2 sampel, tiap sampel terdiri dari 3 benda uji. Dari hasil pengujian didapatkan nilai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil perhitungan *marshall* kadar aspal optimum

Karakteristik	Standar Bina Marga 2018	Kadar aspal (6,60 %)	
		Perendaman 30 menit	Perendaman 24 jam
Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	-	2,32	2,32
Stability (Kg)	Min 600	2.384,4	2.295,4
VIM (%)	3-5	4,96	5,00
VFA (%)	Min 68	72,75	72,56
VMA (%)	Min 17	18,20	18,24
Flow (mm)	-	3,73	3,80

Selanjutnya pengujian *marshall immersion* campuran aspal kadar aspal optimum (KAO). Sampel di rendam dengan durasi perendaman masing-masing 30 menit dan 24 jam. untuk rekapitulasi perhitungan *marshall immersion* menggunakan persamaan (25) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 IKS &= \left( \frac{2.295,4}{2.384,4} \right) \times 100 \% \\
 &= 96,3 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *marshall immersion*, di peroleh hasil perhitungan sebesar 96,3 %. Nilai tersebut memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu minimum 90%.

4. KESIMPULAN

Salah satu aspek yang menentukan mutu campuran beton aspal baik adalah menggunakan material dengan karakteristik yang memenuhi spesifikasi. Pemanfaatan material lokal dalam perencanaan campuran agregat aspal menjadi hal yang sangat penting dengan mempertimbangkan ketersediaan material dan keunggulan teknis yang dimiliki. Distrik Waropko Kabupaten Boven Digoel adalah salah satu daerah di Provinsi Papua Selatan yang memiliki potensi sumber daya alam berupa batu maupun pasir yang cukup besar. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai karakteristik pada agregat lokal Distrik Waropko dengan nilai abrasi sebesar 14,02 %. Nilai Karakteristik *marshall* diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,60 %, dengan nilai VIM 4,96 %, VMA 18,20 %, VFA 72,75 %, dan Stabilitas 2.384,4 kg, dimana semua nilai volumetrik dari lapisan perkerasan HRS-WC terpenuhi, sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

REFERENSI

- [1] K. Agregat, Q. Sungai, and T. Kab, “*Studi Penelitian Menggunakan Material Lokal Terhadap Karakteristik Agregat (Quarry Sungai Talau Kab. Belu-NTT)*,” vol. X, no. X, 2024.
- [2] R. Septian and R. Pamungkas, “*Pengaruh Air Hujan Pada Proses Pematatan*,” 2013.
- [3] S. Pengajar, F. Teknik, And U. Banjarmasin, “*Info Teknik, Volume 12 No. 1, Juli 2011*,” Vol. 12, No. 1, Pp. 73–77, 2011.
- [4] N. Paulus and D. Ijanleba, “*Studi Karakteristik Marshall Dengan Menggunakan Material Lokal Desa Ety N*,” *J. Manumata*, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2020.
- [5] B. Marga, “*Spesifikasi Umum 2018, Divisi 6*,” *Mil. Eng.*, vol. 77, no. 502, pp. 428–429, 2018.
- [6] K. Marianto, C. Kamba, M. Program, S. Teknik, U. Kristen, and I. Paulus, “*Pengujian Karakteristik Campuran HRS-WC menggunakan batu sungai Makawa Kecamatan Walenrang Utara*,” vol. 2, no. 2, pp. 128–137, 2020.
- [7] F. Ndopo Ndori, “*Pengujian Material Lokal Kali Kao Untuk Pembuatan Beton Aspal (Hrs-Base)*,” 2021.
- [8] R. H. Purnomo, “*Design Hot Mix Formula Hrs – Wc Dengan Menggunakan Gradasi Asphalt Institute*,” Pp. 33–37, 2019.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, “*Tentang Metode Uji Stabilitas dan Pelelehan Campuran Beraspal Panas dengan Menggunakan Alat Marshall*,” *Sni 24892018*, 2018.
- [10] A. Dari, D. Tajah, And A. Wibowo, “*Kinerja Campuran Hrs-Wc Dengan Menggunakan Kabupaten Gunung Mas*,” Vol. 5, No. 1, Pp. 33–43, 2021.
- [11] A. F. Latif, A. T. Sombolinggi, R. Rachman, And B.

- Kusuma, “*The Effect Of Gradation On The Mixed Characteristics Of Hrs-Wc Using Campurejo Material The Effect Of Gradation On The Mixed Characteristics Of Hrs-Wc Using Campurejo Material*”, Doi:10.1088/1757-899x/1088/1/012086.
- [12] I. N. A. Thanaya And I. M. A. Ariawan, “*Studi Karakteristik Campuran Hrs-Wc Dengan Agregat Dilapisi I Nyoman Arya Thanaya , I Made Agus Ariawan , Dan Anak Agung Istri Mirah Primaswari Study On The Characteristics Of Hrs-Wc Mixture With Aggregates Coated By Thin Plastic Waste,*” Vol. 7, No. 2, Pp. 147–154, 2019.
- [13] A. Sabarno, “*Karakteristik Aspal (Hrs-Wc) Dalam Kondisi Terendam Air Laut Dengan Variasi Waktu Rendaman Berdasarkan Uji Marshall,*” *Hexag. J. Tek. Dan Sains*, Vol. 3, No. 1, Pp. 1–9, 2022, Doi: 10.36761/Hexagon.V3i1.1330.
- [14] N. Aesara, I. H. Puspito, And N. Tinumbia, “*Analisis Perbandingan Material Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc),*” *J. Infrastruktur*, Vol. 4, No. 2, Pp. 87–96, 2019, Doi: 10.35814/Infrastruktur.V4i2.696.
- [15] T. Iduwin, D. Dp, And R. Hidayawanti, “*Uji Marshall Immersion Pada Campuran Ac-Wc Menggunakan Rechlamed Asphalt Pavement (Rap),*” 9, 42-51, 2020.