



GO-32

## UJI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL HRS-WC DENGAN MENGGUNAKAN *FILLER* BATU KARANG

Didik S. S. Mabui<sup>1\*</sup>, Marsudi<sup>2</sup>, Pangeran Holong Sitorus<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Magister Rekayasa Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jayapura  
email : [didik.mabui90@gmail.com](mailto:didik.mabui90@gmail.com)

<sup>2</sup>Balai Prasarana Permukiman Wilayah Papua Barat  
email : [marsudidjmain3@gmail.com](mailto:marsudidjmain3@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua, Jayapura  
email : [pangeransitorus1@gmail.com](mailto:pangeransitorus1@gmail.com)

### ABSTRAK

Jalan terletak diantara roda kendaraan dan lapisan tanah yang berguna memberi kenyamanan dan diharapkan tidak mudah terjadi kerusakan, agar keawetan dan memiliki daya dukung yang memadai, Aspal merupakan salah satu material pembuatan jalan raya dikarenakan aspal memiliki tingkat kenyamanan yang baik sebagai bahan perkerasan jalan raya, diharapkan batu karang dapat menjadi salah satu bahan alternatif *filler*. Sebagian wilayah di Kota Jayapura seperti Distrik Muara Tami, memiliki material lokal batu karang dalam jumlah yang besar. Penelitian ini menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat agregat. Adapun penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dengan batu karang sebagai *filler* terhadap aspal *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* dan pemanfaatan material lokal Kota Jayapura khususnya bahan pengisi (*filler*) batu karang terhadap aspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* dapat digunakan sesuai spesifikasi. Material yang digunakan yaitu aspal minyak dari PT. Pertamina, agregat lokal dari wilayah Doyo dan bahan pengisi (*filler*) dari wilayah Koya Timur. Penelitian dilakukan di Laboratorium, dimana campuran aspal HRS-WC yang dihasilkan kemudian akan dilakukan pengujian karakteristik Marshall untuk mengetahui nilai durabilitasnya. Berdasarkan hasil pengujian, maka didapatkan hasil nilai marshall memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 pada kadar aspal 6,2% - 7,4%, dengan nilai kadar aspal rata-rata adalah 6,8% sebagai kadar aspal paling optimum.

Kata kunci: HRS-WC, Marshall, Filler

### PENDAHULUAN

Jalan terletak diantara roda kendaraan dan lapisan tanah yang berguna memberi kenyamanan dan diharapkan tidak mudah terjadi kerusakan, agar keawetan dan memiliki daya dukung yang memadai maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis, lapisan paling atas disebut lapisan permukaan sedangkan lapisan paling bawah yang berada di atas tanah disebut lapisan pondasi (Sukirman, 2003).

Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat antar partikel agregat dan agregat sebagai bahan pengisi. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai "*Hot Mix Asphalt*" atau campuran beraspal panas (Manoppo, 2011).

Beberapa sifat campuran yang harus dimiliki oleh campuran beraspal antara lain stabilitas, keawetan/daya tahan, impermeabilitas, kemudahan pelaksanaan, kelenturan, tahan geser atau kekesatan dan ketahanan terhadap leleh (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2005).

Cadangan aspal alam cukup untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dan pemeliharaan jalan selama 600 tahun kedepan (Darma & Andaka, 2016). *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah salah satu jenis campuran beraspal panas yang terbuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, dan *filler* dengan aspal sebagai bahan pengikat. Menurut Spesifikasi Bina Marga terakhir tahun 2010 campuran beraspal panas jenis HRS terbagi atas 2 jenis yaitu lapis HRS-BC dan lapis HRS-WC yang susunan agregatnya bergradasi senjang ataupun semi senjang (Tombeg, 2019).

Lapis tipis aspal beton mempunyai fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalaman konstruksi perkerasan sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksinya sampai tingkat tertentu. Keistimewaan laston yaitu mempunyai keawetan tinggi (tahan terhadap pengaruh oksidasi) dan memiliki sifat elastis yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal panas lainnya (Rumagit, 2017).

Batu karang di alam memiliki rumus kimia  $\text{CaCO}_3$ , berbagai jenis warna pada batu karang seperti putih kekuningan, putih, abu-abu dan hitam, batu karang di Kota Jayapura umumnya digunakan sebagai bahan konstruksi (Maria *et al*, 2021).

Kemajuan teknologi salah satunya pada moda transportasi darat mendorong untuk meningkatkan mutu pada jalan raya, mendorong penggunaan bahan alternatif sebagai bahan pengganti dan bertujuan untuk mengurangi *cost* pada pekerjaan jalan raya salah satunya mengganti *filler* semen menggunakan batu karang pada aspal, dari penelitian ini diharapkan batu karang dapat menjadi bahan alternatif pengganti *filler*.

## LANDASAN TEORI

Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat beban lalu lintas. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Lapis permukaan biasanya dibagi menjadi lapis aus dan lapis pengikat yang diletakkan secara terpisah. Lapis pondasi dan lapis pondasi bawah juga dapat diletakkan dalam bentuk komposit yang terdiri dari material-material yang berbeda, yaitu pondasi atas (*upper base*) dan pondasi bawah (*lower base*), atau pondasi bawah bagian atas (*upper subbase*) dan pondasi bawah bagian bawah (*lower subbase*).

Menurut Bina Marga (2007), Aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau *filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, diamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi.

Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu  $175^\circ\text{C}$  tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

### Aggregat

Agregat yang merupakan bahan utama untuk struktur jalan, adalah sekumpulan butir-butir batu pecah dan pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan. Lapis perkerasan mengandung 90-95% agregat berdasarkan persen berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persen volume. Agregat yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari kotoran, bahan-bahan organik atau bahan lain yang tidak dikehendaki, karena akan mengurangi kinerja campuran.

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Departemen Pekerjaan Umum).



Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Kualitas suatu agregat sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat yang dikandungnya. Diantara sifat-sifat yang ada yaitu *strength* atau kekuatan, *durability* atau keawetan, *adhesiveness* atau daya rekat terhadap aspal dan *workability* atau kemudahan dalam pelaksanaan.

Agregat, batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Departemen Pekerjaan Umum).

## METODE PENELITIAN

Berdasarkan penelitian ini, untuk memperoleh data digunakan dua metode yaitu :

1. Studi pustaka, melalui beberapa jurnal dan standar pengujian sebagai landasan teori dalam melakukan pengujian.
2. Test laboratorium, dimana pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk menentukan kelayakan agregat digunakan. Tabel 1 sampai dengan Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan. Berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat kasar dan halus terlihat bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk bahan jalan yang disyaratkan.

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Keausan Agregat (Abrasi) 100 Putaran	%	6,61	Maks. 8
2	Keausan Agregat (Abrasi) 500 Putaran	%	30,96	Maks. 40
3	Agregat halus (Agregat pecah halus)	%	71,94	Min. 50
4	Agregat halus (Pasir)	%	76,91	Min. 50

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
<b>A Batu Pecah 1 - 2 cm</b>				
1	Berat Jenis Bulk	gr	2,766	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	gr	2,785	Min. 2,5
3	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	gr	2,820	Min. 2,5
4	Penyerapan Air ( <i>Absorption</i> )	%	0,697	Maks. 3
<b>B Batu Pecah 0,5 - 1 cm</b>				
1	Berat Jenis Bulk	gr	2,604	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	gr	2,627	Min. 2,5
3	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	gr	2,664	Min. 2,5
4	Penyerapan Air ( <i>Absorption</i> )	%	0,864	Maks. 3
<b>C Agregat Pecah Halus / Abu Batu</b>				
1	Berat Jenis Bulk	gr	2,608	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	gr	2,644	Min. 2,5

3	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	gr	2,706	Min. 2,5
4	Penyerapan Air ( <i>Absorption</i> )	%	1,389	Maks. 3
<b>D Agregat Halus / Pasir</b>				
1	Berat Jenis Bulk	gr	2,591	Min. 2,5
2	Berat Jenis SSD	gr	2,647	Min. 2,5
3	Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	gr	2,741	Min. 2,5
4	Penyerapan Air ( <i>Absorption</i> )	%	2,083	Maks. 3

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Berat Jenis Filler

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil
1	Berat Pikhnometer + <i>Filler</i>	gr	62,120
2	Berat Pikhnometer	gr	44,265
3	Berat Pikhnometer + <i>Filler</i> + Air	gr	152,800
4	Berat Pikhnometer + Air	gr	143,215
5	Berat Jenis <i>Filler</i>	gr	2,16

Berdasarkan hasil pemeriksaan menunjukkan bahan telah memenuhi Spesifikasi Umum Tahun 2018 Bina Marga untuk campuran beraspal panas.

## Pemeriksaan Aspal

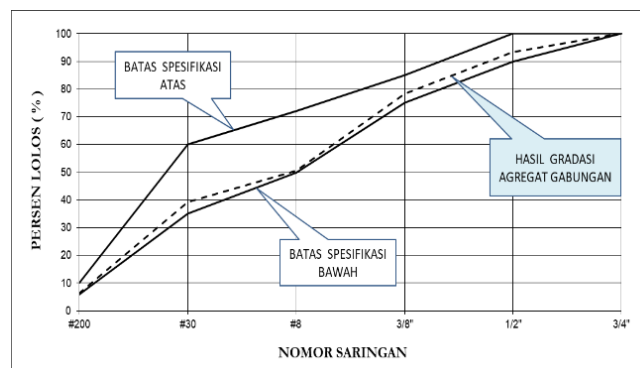
**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Aspal Minyak Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Titik Lembek Aspal	°C	54	> 48 °C
2	Berat Jenis Aspal	gram/ml	1,046	> 1,0 gram/ml
3	Daktalitas Aspal	cm	150	> 100 cm
4	Titik Nyala	°C	252	> 232 °C
5	Penetrasi Aspal	mm	65	60 - 70 mm

Perhitungan ini di lakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisik aspal yang berkaitan dengan kinerja dari aspal itu sendiri.

## Penentuan Gradasi Campuran

Berdasarkan **Gambar 1** di dapat komposisi agregat gabungan berada dalam batas – batas spesifikasi untuk campuran beraspal yang telah di tentukan untuk bahan jalan sehingga diperoleh campuran yang sesuai.



**Gambar 1.** Gradasi Agregat Gabungan



## Perhitungan Kadar Aspal Perkiraan

**Tabel 5.** Gradasi Campuran Gabungan

Ukuran Saringan		Spesifikasi Lataston HRS-WC		
ASTM	(mm)	Batas Atas	Hasil	Batas Bawah
¾"	19	100	100	100
½"	12,5	100	93,43	90
⅜"	9,5	85	78,36	75
No.8	2,36	72	50,67	50
No.30	0,6	60	39,17	35
No.200	0,075	10	6,39	6

Dari tabel di atas, perhitungan kadar aspal perkiraan dapat direncanakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (49,33) + 0,045 (42,94) + 0,18 (6,39) + 2 \\
 &= 6,81 \approx 6,8 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai kadar aspal rencana adalah 6,81 % lalu dibulatkan menjadi 6,8 %.

### Mix Design

Berdasarkan komposisi agregat, maka dibuat benda uji sebanyak total 15 buah benda uji dengan masing-masing variasi kadar aspal sebanyak 3 buah.

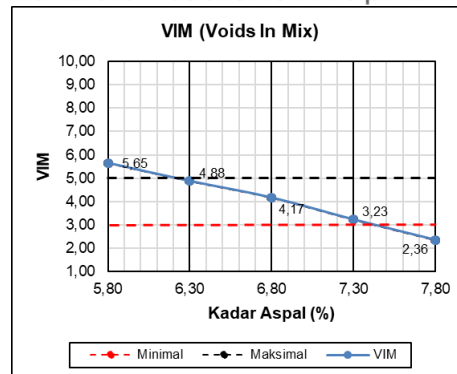
**Tabel 6.** Perhitungan Masing-Masing Material

No	Uraian		Satuan	Kadar Aspal (%)				
	Data Material	Komposisi Material		gr	5,8	6,3	6,8	7,3
1.	Agregat Pecah 1-2	16%	gr	180,86	179,90	178,94	177,98	177,02
2.	Agregat Pecah 0,5 - 1	31%	gr	350,42	348,56	346,70	344,84	342,98
3.	Agregat pecah halus	39%	gr	440,86	438,52	436,18	433,84	431,50
4.	Pasir	12%	gr	135,65	134,93	134,21	133,49	132,77
5.	Filler	2%	gr	22,61	22,49	22,37	22,25	22,13
6.	<b>Berat Total Agregat</b>			1130,40	1124,40	1118,40	1112,40	1106,40
7.	<b>Berat Total Benda Uji</b>			1200	1200	1200	1200	1200

### Hasil Pengujian Karakteristik Campuran HRS-WC

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *Void in Mixtrue* yaitu pada kada aspal 5,8% adalah 5,65%, kadar aspal 6,3% adalah 4,88%, kadar aspal 6,8% adalah 4,17%, kadar aspal 7,3% adalah 3,32% dan pada kadar aspal 7,8% adalah 2,36%.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa benda uji yang memenuhi spesifikasi *Void in Mixture* 6,3%, 6,8% dan 7,3% dengan persyaratan antara 3% - 5%.

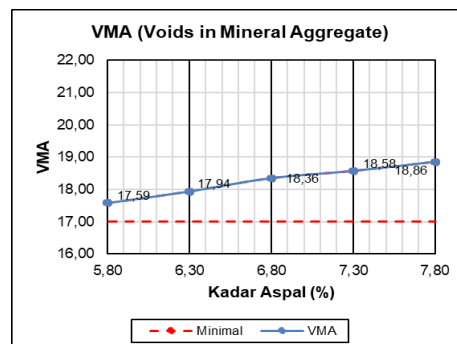


**Gambar 2.** Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Udara

### VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Berdasarkan hasil pengujian terhadap nilai Void in Mineral Agregat didapatkan hasil pada kada aspal 5,8% adalah 17,59%, kadar aspal 6,3% adalah 17,94%, kadar aspal 6,8% adalah 18,36%, kadar aspal 7,3% adalah 18,58% dan pada kadar aspal 7,8% adalah 18,86%.

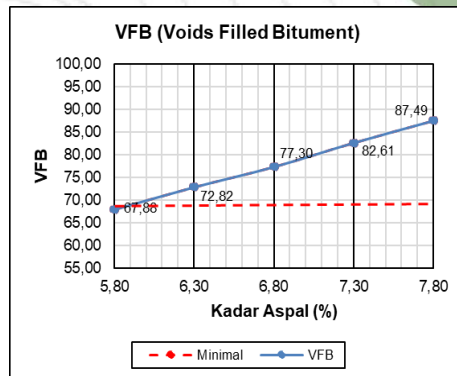
Berdasarkan pengujian ini menunjukkan semua benda uji telah memenuhi syarat Void in Mineral Agregat dengan persyaratan spesifikasi minimal 17%.



**Gambar 3.** Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga Agregat  
**VFB (*Void Filled Bitument*)**

Dari hasil pengujian *Void Filled Bitument* sisapatkan hasil kada aspal 5,8% adalah 67,88%, kadar aspal 6,3% adalah 72,82%, kadar aspal 6,8% adalah 77,30%, kadar aspal 7,3% adalah 82,61% dan pada kadar aspal 7,8% adalah 87,49%.

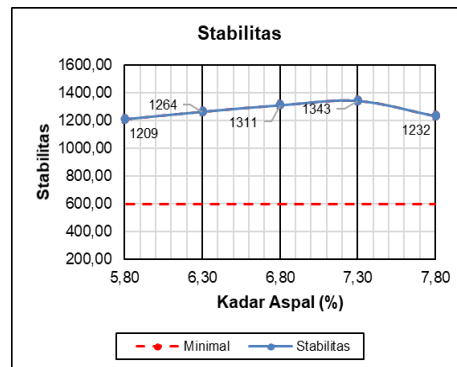
Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai *Void Filled Bitument* dengan berdasarkan persyaratan spesifikasi minimal 68% adalah pada kadar aspal 6,3%, - 7,8%, pada nilai *Void Filled Bitument* pada kadar aspal 5,8% tidak memenuhi syarat dikarenakan turunnya kadar aspal.



**Gambar 4.** Grafik Void Filled Bitument

### Stabilitas

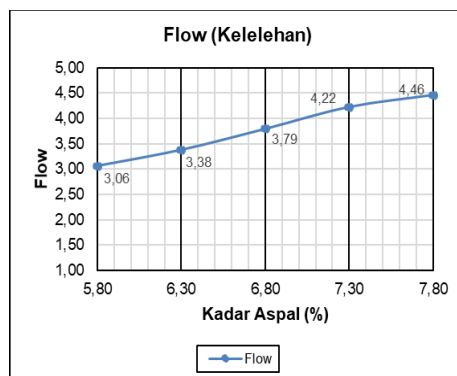
Hasil pengujian pada masing-masing campuran menunjukkan bahwa benda uji memenuhi standar spesifikasi ketentuan campuran Laston HRS-WC yaitu minimal 600 kg dengan nilai pada kada aspal 5,8% adalah 1209 kg, kadar aspal 6,3% adalah 1264 kg, kadar aspal 6,8% adalah 1311 kg, kadar aspal 7,3% adalah 1343 kg dan pada kadar aspal 7,8% adalah 1232 kg.



**Gambar 5.** Grafik Stabilitas

### Flow

Berdasarkan Gambar 6 diperoleh nilai flow pada kada aspal 5,8% adalah 3,06 mm, kadar aspal 6,3% adalah 3,38 mm, kadar aspal 6,8% adalah 3,79 mm, kadar aspal 7,3% adalah 4,22 mm dan pada kadar aspal 7,8% adalah 4,46 mm. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, nilai flow pada campuran Laston HRS-WC tidak memiliki nilai standar.

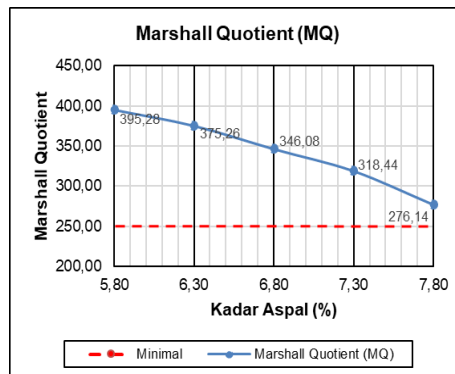


**Gambar 6.** Grafik Flow

## Marshall Quotion

Hasil pengujian diperoleh nilai kadar aspal dengan Marshall Quotinet Dari tabel di atas diperoleh nilai Marshall Quotinet pada kada aspal 5,8% adalah 395,28 kg/mm, kadar aspal 6,3% adalah 375,26 kg/mm, kadar aspal 6,8% adalah 346,08 kg/mm, kadar aspal 7,3% adalah 318,44 kg/mm dan pada kadar aspal 7,8% adalah 276,14 kg/mm.

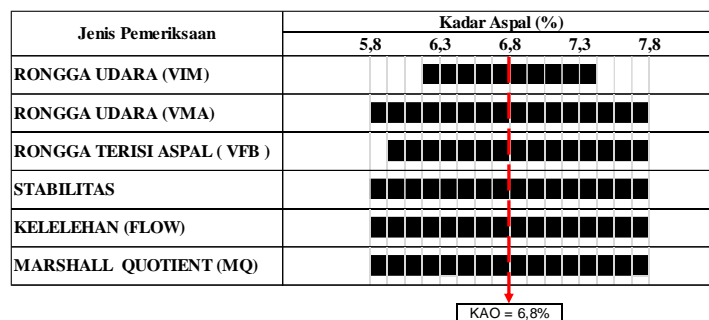
Dari hasil pengujian menunjukkan seluruh benda uji telah memenuhi spesifikasi nilai Marshall Quotinet berdasarkan persyaratan spesifikasi minimal 250 kg/mm.



Gambar 7. Grafik Marshall Quotient

## Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran dan Marshall Test di Laboratorium dan juga hasil dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Barchart Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan gambar di atas menunjukkan bahwa hasil dari pengujian diperoleh nilai kadar aspal paling optimum adalah 6,8%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka didapat nilai karakteristik marshall dengan batu karang sebagai *filler* pada campuran aspal HRS-WC sebagai berikut :

1. Nilai *Void in Mixture* yaitu pada campuran aspal 5,8% adalah 5,65%, campuran aspal 6,3% adalah 4,88%, campuran aspal 6,8% adalah 4,17%, campuran aspal 7,3% adalah 3,32% dan pada campuran aspal 7,8% adalah 2,36%.
2. Nilai *Void in Mineral Agregat* yaitu pada campuran aspal 5,8% adalah 17,59%, campuran aspal 6,3% adalah 17,94%, campuran aspal 6,8% adalah 18,36%, campuran aspal 7,3% adalah 18,58% dan pada campuran aspal 7,8% adalah 18,86%.





3. Nilai *Void Filled Bitument* yaitu pada kada aspal 5,8% adalah 67,88%, campuran aspal 6,3% adalah 72,82%, campuran aspal 6,8% adalah 77,30%, campuran aspal 7,3% adalah 82,61% dan pada campuran aspal 7,8% adalah 87,49%.
4. Nilai Stabilitas yaitu pada kada aspal 5,8% adalah 1209 kg, campuran aspal 6,3% adalah 1264 kg, campuran aspal 6,8% adalah 1311 kg, campuran aspal 7,3% adalah 1343 kg dan pada campuran aspal 7,8% adalah 1232 kg.
5. Nilai *Flow* yaitu pada kada aspal 5,8% adalah 3,06 mm, campuran aspal 6,3% adalah 3,38 mm, campuran aspal 6,8% adalah 3,79 mm, campuran aspal 7,3% adalah 4,22 mm dan pada campuran aspal 7,8% adalah 4,46 mm. Nilai *Marshall Quotinet* pada kada aspal 5,8% adalah 395,28 kg/mm, campuran aspal 6,3% adalah 375,26 kg/mm, campuran aspal 6,8% adalah 346,08 kg/mm, campuran aspal 7,3% adalah 318,44 kg/mm dan pada campuran aspal 7,8% adalah 276,14 kg/mm.

Dari nilai pengujian karakteristik marshall dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *filler* batu karang dapat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2 dengan kadar aspal 6,2% - 7,4%, dengan rata-rata adalah 6,8% sebagai kadar aspal paling optimum.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darma R., Andaka G., 2016 Re-ekstraksi Aspal Buton Kabungka Dengan Menggunakan Solven Kondensat Bensin. *Jurnal Inovasi Proses*, 1(2).
- Manoppo M. R. E. 2011 Pemanfaatan Tras Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Panas HRS-WC. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2).
- Maria, Anna, Fransiska Rumabar, Rolling Swempry Gaspersz, Program Studi, Teknik Pertambangan, Universitas Sains dan Teknologi. 2021. Uji Parameter Kimia Batu Gamping Sebagai Bahan Baku Semen Pada Lokasi Penambangan Cv Thiak Kelurahan Ardipura Kota Jayapura. 18(2):61–65.
- Puslitbang Prasarana Transportasi. 2005. Panduan Pemeliharaan Jalan. Serial Panduan. Departemen Pekerjaan Umum.
- Rumagit S.E.R., Kaseke O.H., Palenewen S.C.N., 2017. Pengaruh Energi Pemasakan Benda Uji Terhadap Besaran Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*, 5(8).
- Sukirman, Silvia. 2003. 53 *Journal of Chemical Information and Modeling* Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Nova.
- Tombeg C.V., Manoppo M.R.E., Sendow T.K. 2019. Pemanfaatan Sedimen Transport Abu Vulkanik (Gunung Soputan) Sebagai Bahan Substitusi Pada Abu Batu Dalam Campuran Aspal HRS-WC Gradasi Semi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*, 7(3).