

## KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPALH CONCRETE (AC) DENGAN BAHAN PENGISI ABU BATU AMP PT.VICTORY MULTI KARYA

### *MARSHALL CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE (AC) MIXTURE WITH AMP STONE ASH FILLER PT. VICTORY MULTI KARYA*

<sup>1</sup>Dinar Mardiana Hi. Abdullah\*, <sup>2</sup>Poppy Mangundap

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tompotika Luwuk

Email : [dinarmardiana437@gmail.com](mailto:dinarmardiana437@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tompotika Luwuk Banggai

email: [poppymangundap.st@gmail.com](mailto:poppymangundap.st@gmail.com)

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall campuran aspal concrete (AC) dengan bahan pengisi filler abu batu dan untuk membandingkan karakteristik Marshall campuran aspal concrete (AC) dengan bahan pengisi filler abu batu dilihat dari stabilitas, kepadatan, keawetan, dan kekuatan terhadap kerusakan campuran setelah dilakukan perendaman selama 24 jam. Pada penelitian ini, bahan material yang digunakan di peroleh dari Kecamatan Moilong tepatnya di Sungai Argakencana. Kecamatan Moilong merupakan salah satu kecamatan yang terletak di bagian selatan Kabupaten Banggai Propinsi Sulawesi Tengah. Jarak tempuh dari Ibukota Kabupaten Banggai ke Kecamatan Moilong  $\pm$  59 Km. Pengujian dilakukan di Laboratorium Dinas PUPR Kabupaten Banggai secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler) dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pengujian terhadap agregat antara lain analisa saringan, berat isi (lepas dan padat), kadar lumpur, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dan penyerapan air.

Hasil pengujian Marshall menunjukkan durabilitas AC-WC pada Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu untuk yang menggunakan filler abu batu didapatkan stabilitas 1352,6 kg dan flow (kelelehan) 3,83 mm. Berdasarkan hasil tersebut, maka durabilitas AC-WC dengan menggunakan filler abu batu AMP PT. Victory Multi Karya memenuhi syarat dan dapat digunakan.

**Kata kunci:** Durabilitas, AC-WC, filler, abu batu dan Marshall.

#### **Abstract**

This study aims to determine the characteristics of Marshall asphalt concrete (AC) mixture with rock ash filler and to compare the characteristics of Marshall asphalt concrete (AC) mixture with rock ash filler in terms of stability, density, durability, and strength against damage to the mixture after immersion for 24 hours. In this study, the materials used were obtained from the Moilong District, to be precise, on the Argakencana River. Moilong District is one of the sub-districts located in the southern part of Banggai Regency, Central Sulawesi Province. The distance from the capital of Banggai Regency to Moilong District is  $\pm$  59 Km. The tests were carried out at the Banggai Regency PUPR Service Laboratory in stages, which consisted of testing aggregates (coarse, fine and filler) and testing of mixtures (Marshall test). Tests on aggregates include sieving, bulk density (loose and solid), silt content, specific gravity inspection, abrasion testing with a Los Angeles machine, and water absorption.

The results of the Marshall test showed the durability of AC-WC at Optimum Asphalt Content (KAO), namely for those using rock ash filler, stability was obtained 1352.6 kg and flow (melting) 3.83 mm. Based on these results, the durability of the AC-WC using AMP stone ash filler from PT. Victory Multi Karya fulfills the requirements and can be used.

**Keywords:** Durability, AC-WC, filler, rock ash and Marshall.

## PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat. Seiring dengan hal tersebut mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Sehingga muncul banyak kendaraan-kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Dengan melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi dewasa ini maka diperlukan peningkatan baik kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat (Awan Susanto, 2012)

Di Indonesia, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur menggunakan metode *Marshall*. Pada perencanaan *Marshall* tersebut menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5% (Sriharyani, L., & Tholib, A, 2019). Hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol di lapangan seringkali tidak terpenuhi untuk mencapai persyaratan dalam spesifikasi. Selain itu rongga dalam campuran setelah dilalui lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1% yang memungkinkan terjadinya perubahan bentuk plastis. Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan berbentuk alur plastis, sehingga kinerja perkerasan jalan tidak tercapai (Gunawan, R., & Sari, A. W. F, 2021).

Metode *Marshall* konvensional yang menggunakan 2x75 tumbukan belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Keterbatasan metode *Marshall* adalah ketergantungannya terhadap kepadatan yang baik setelah dilalui kendaraan untuk mencapai rongga udara yang disyaratkan. Oleh karena itu, untuk kondisi seperti tersebut maka metode *Marshall* dengan 2x75 tumbukan sudah tidak sesuai lagi (Sugiarto, 2003).

Pada dasarnya metode *Marshall* masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara *volumetrik*. Tetapi untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka dilakukan pengujian tambahan, yaitu: pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak (*refusal density*). Sedangkan untuk mengendalikan kepadatan maka diperkenalkan kriteria kadar rongga minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. Rongga dalam campuran dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 3,5% untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah padat lagi. Kepadatan yang mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat (Said, 2019).

Pada sekitar tahun 1970 di Indonesia sudah mulai digunakan perkerasan aspal dengan menggunakan campuran aspal panas (*hot mix*), untuk pelapisan ulang, pemeliharaan ataupun untuk pembangunan jalan baru. Campuran aspal panas ini dibuat dengan mencampur agregat bermutu tinggi dengan aspal semen.

Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan di samping perlu adanya penggunaan campuran beraspal panas dengan spesifikasi baru, pemilihan jenis material yang digunakan adalah sangat penting. Selain aspal, agregat kasar dan agregat halus, *filler* adalah salah satu komponen dalam campuran yang mempunyai peranan besar. Presentase yang kecil pada *filler* terhadap campuran bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat-sifat yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas. *Marshall* (Nento et al.,2022)

Bahan pengisi pada campuran yang sering digunakan pada proses pembuatan aspal di *AMP* (*Asphalt Mixing Plant*) adalah abu batu. Abu batu adalah salah satu material yang

digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran aspal. Material tersebut adalah bahan non plastis yang telah disetujui oleh Departemen Pekerjaan Umum sebagai *filler* pada campuran beraspal panas. Ada kemungkinan persyaratan spesifikasi pada material tersebut dapat terpenuhi. Selain itu keberadaan abu batu banyak dijumpai di tempat pembuatan aspal di *AMP (Asphalt Mixing Plant)*, sehingga mudah untuk mendapatkannya dibandingkan material yang lain (Siregar, 2017).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Banggai dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas aspal keras penetrasi 60/70. Sedangkan standar-standar pengujian yang digunakan mengacu pada Standard Nasional Indonesia (SNI) dan *AASHTO*.

Didalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*) dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian terhadap agregat dilakukan pengujian analisa saringan, berat isi (lepas dan padat), kadar lumpur, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal pertamina penetrasi 60/70 tidak dilakukan pengujian karena aspal sudah diuji dan bersertifikat dari PT. Pertamina. Sedangkan pengujian *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *void in total mix* (VIM), *void filled with asphalt* dan kemudian dapat dihitung Marshall Quotient-nya.

Adapun Pengujian bahan material dilakukan dengan Langkah-langkah analisis sebagai berikut :

1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus
2. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus
3. Pemeriksaan Berat Isi Agregat
4. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
5. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
6. Pemeriksaan Keausan agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Adapun Pembuatan Benda Uji (*Mix Design*) dilakukan Langkah-langkah pengujian Marshall sebagai berikut :

- a. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing benda uji dengan berat campuran kira-kira 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira  $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ . Kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu  $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- b. Dalam penelitian ini terdapat 14 benda uji dan setiap 2 benda uji diberikan kadar aspal yang berbeda-beda dari 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5% ; 8%.
- c. Agregat dipanaskan di panci pencampuran pada suhu  $\pm 28^\circ \text{C}$  diatas suhu pencampuran untuk aspal padat. Aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan dituangkan ke dalam agregat dan diaduk merata.
- d. Setelah temperatur pemadatan tercapai, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanaskan pada temperature  $100^\circ \text{C}$  hingga  $170^\circ \text{C}$  dan diolesi oli terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
- e. Dilakukan pemadatan bolak balik dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali karena disesuaikan dengan jenis lalu lintas yang direncanakan yaitu lalu lintas berat.

- f. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- g. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang berat benda uji kering (Bk).
- h. Benda Benda uji dimasukkan ke dalam air bersuhu  $25^{\circ}\text{C}$  selama 3 sampai 5 menit dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan Berat Benda Uji dalam Air (Ba).
- i. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*, SSD) kemudian ditimbang (Bj).
- j. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman mendapatkan stabilitas sisa pada suhu  $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- k. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- l. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan di atas salah satu batang penuntun. Sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- m. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- n. Pembebanan diberikan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan dicatat pembebanan maksimum. Nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan dicatat pada saat pembebanan maksimum tercapai

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pemeriksaan Agregat

#### a. Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar material Sungai Desa Argakencana Kecamatan Moilong diperoleh kadar lumpur sebesar 0,98% hal ini memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu  $< 3\%$ . Nilai berat jenis curah sebesar 0,86 gr atau lebih besar dari batas minimal yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) sebesar  $\geq 2,3$  gr, sedangkan penyerapan air sebesar 1,11 % lebih kecil dari syarat maksimum (SNI) sebesar  $\leq 2\%$ . Agregat kasar dengan ukuran 1-2 cm mempunyai berat isi lepas sebesar  $1,38 \text{ gr/cm}^2$  dan berat isi padat sebesar  $1,57 \text{ gr/cm}^2$ . Sedangkan untuk agregat kasar ukuran 0,5-1 cm mempunyai nilai berat isi lepas sebesar  $1,37 \text{ gr/cm}^2$  dan berat isi padat  $1,54 \text{ gr/cm}^2$ .

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan tahan terhadap abrasi, ini terlihat dari nilai keausan rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 24,94 % sesuai nilai yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu 40%.

#### b. Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus material Sungai Desa Argakencana Kecamatan Moilong, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat halus material Sungai Desa Argakencana Kecamatan Moilong memiliki nilai kadar lumpur sebesar 2,95 % atau memenuhi spesifikasi yang di syatkan yaitu  $< 3 \%$ , berat isi lepas sebesar  $1,59 \text{ gr/cm}^2$  dan berat isi padat  $1,73 \text{ gr/cm}^2$ . Berat jenis curah sebesar 2,74 gr

atau diatas batas minimum nilai berat jenis curah yang disyaratkan yaitu sebesar 2,3 gr. Nilai penyerapan air agregat halus material Sungai Desa Argakencana Kecamatan Moilong menunjukkan nilai 2,23 % atau diatas nilai maksimum yang berarti tidak memenuhi dengan nilai maksimum penyerapan air yang disyaratkan yaitu 2%.

c. Abu Batu (*Filler*)

Pada pengujian berat jenis filler, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *filler* hasil pecah mesin agregat kasar Sungai Desa Argakencana Kecamatan Moilong memiliki nilai berat jenis curah sebesar 11,58 gr atau diatas batas minimum nilai berat jenis yang disyaratkan yaitu sebesar 2,3 gr. Penyerapan air sebesar 4,87 %. Pengujian *filler* ini dilakukan pada suhu ruang 32<sup>0</sup> C. Berat isi lepas sebesar 1,54 gr/cm<sup>2</sup> dan berat isi padat sebesar 1,63 gr/cm<sup>2</sup>.

## 2. Analisa Rancangan Campuran

Setelah melakukan analisa saringan pada masing-masing fraksi agregat selanjutnya dengan cara *trial and error* diperoleh komposisi/proporsi campuran untuk perkerasan AC-WC pada masing-masing fraksi agregat.

Untuk komposisi campuran dengan filler abu batu, yaitu: Agregat ukuran 1 – 2 cm = 10,00%; Agregat ukuran 15,00 – 1 = 15,00%; Agregat halus = 10,00% dan untuk *filler* abu batu = 65,00%.

## 3. Pengujian Marshall

a. Stabilitas

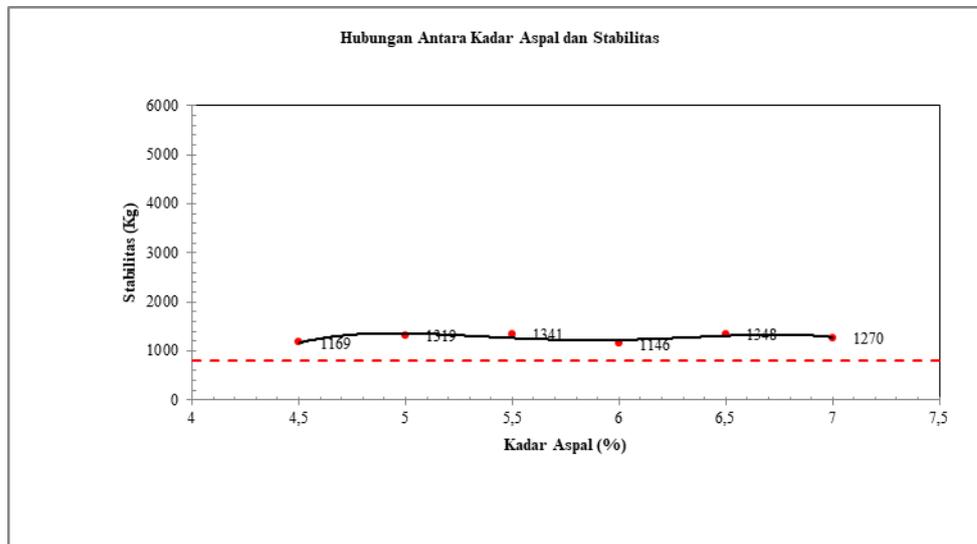
Stabilitas campuran dalam pengujian *Marshall* ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh. Hasil pengujian stabilitas *Marshall* selengkapnya disajikan pada tabel dan gambar.

Tabel 1. Hasil pengujian Stabilitas *Marshall* dengan *filler* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Stabilitas (Kg)
A	I	4,5	1251
	II	4,5	1088
		Rata-rata	<b>1169</b>
B	I	5	1313
	II	5	1326
		Rata-rata	<b>1319</b>
C	I	5,5	1288
	II	5,5	1394
		Rata-rata	<b>1341</b>
D	I	6	9900
	II	6	1303
		Rata-rata	<b>1146</b>
	I	6,5	1329
	II	6,5	1368

E		Rata-rata	<b>1348</b>
	I	7	1238
F		Rata-rata	<b>1270</b>
	II	7	1303
		Rata-rata	<b>1270</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 1. Grafik hubungan kadar aspal dan Stabilitas dengan *filler* abu batu

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa semua campuran beton aspal memenuhi syarat uji tekan *Marshall*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tinjauan kadar aspal yang sama, nilai stabilitas pada campuran beton aspal semakin besar pada rentang kadar aspal 4,5%; 5,5% 6,5% dan pada kadar aspal 5%; 6%; 7% mengalami penurunan nilai stabilitas. Pada gambar diatas menunjukkan bahwa persamaan regresi yang ditunjukkan dalam bentuk garis, mencerminkan bahwa pada campuran beton aspal memiliki stabilitas tertinggi pada kadar aspal 6,5% dengan nilai stabilitas 1348 kg. Nilai stabilitas yang diperoleh pada hasil pengujian masih diatas persyaratan nilai minimum stabilitas untuk lalu lintas berat yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989, yaitu 800 kg. Nilai stabilitas pada campuran beton aspal yang menggunakan aspal keras pen 60/70 dengan kadar 5% memiliki nilai stabilitas yang lebih besar yaitu 3550 kg.

#### b. *Flow*

*Flow* atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik *Marshall* lainnya, seperti VFB (*Void Filled Bitumen*), VIM (*Void In Mix*) dan stabilitasnya. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal dan proses pemadatan yang meliputi suhu pemadatan dan energi pemadatan.

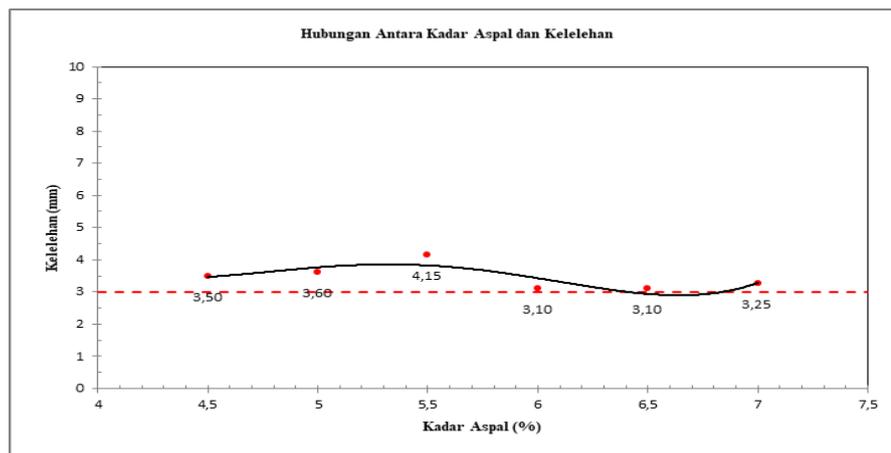
Campuran yang memiliki nilai kelelahan (*Flow*) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (*brittle*), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (*Flow*) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Aspal terdiri dari dua komponen utama yaitu *asphalteness* dan *malteness*. *Asphalteness* yang memberikan warna cokelat atau hitam pada aspal sedangkan *malteness* dan *oil* yang juga akan

mempengaruhi nilai *flow*. Hasil dari pengujian kelelehan (*flow*) *Marshall* selengkapnya disajikan pada table berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian *flow Marshall* dengan *filler* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (mm)
A	I	4,5	3,50
	II	4,5	3,50
	Rata-rata		<b>3,50</b>
B	I	5	3,50
	II	5	3,70
	Rata-rata		<b>3,60</b>
C	I	5,5	3,60
	II	5,5	4,70
	Rata-rata		<b>4,15</b>
D	I	6	3,00
	II	6	3,20
	Rata-rata		<b>3,10</b>
E	I	6,5	3,10
	II	6,5	3,10
	Rata-rata		<b>3,10</b>
F	I	7	3,10
	II	7	3,40
	Rata-rata		<b>3,25</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 2. Grafik hubungan kadar aspal dan *flow* dengan *filler* abu batu

Dari Gambar di atas hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tinjauan kadar aspal yang berbeda, nilai *flow* pada campuran beton aspal dari kadar 4,5%; 5% mengalami penurunan. Setelah itu pada kadar 5,5%; 6,5% hingga kadar 7% Pada gambar diatas menunjukkan bahwa persamaan yang ditunjukkan dalam bentuk garis *polynomial*, mencerminkan bahwa pada campuran beton aspal memiliki flow terendah pada kadar aspal 6,5% dengan nilai *flow* 3,10 mm. Pada campuran beton aspal secara keseluruhan memenuhi nilai minimum flow yang disyaratkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu di atas 3 mm.

### c. Void Filled Bitumen (VFB)

VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai VFB ini merupakan pada sifat kekedapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal, serta gradasi agregatnya.

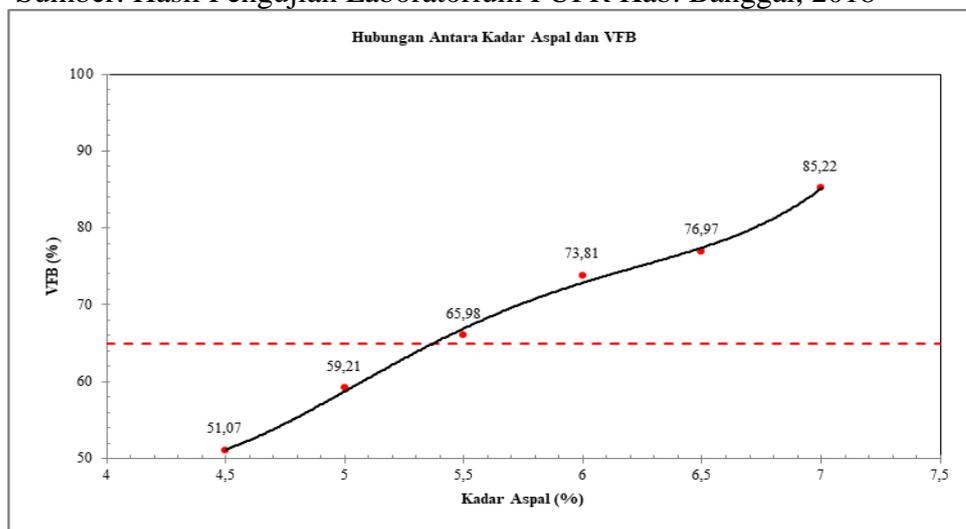
Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami *bleeding* atau naiknya aspal kepermukaan.

Nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang. Hasil perhitungan VFB selengkapnya disajikan pada tabel berikut

Tabel 3. Hasil pengujian VFB *Marshall* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VFB (%) Rata-rata
A	I	4,5	51,07
	II	4,5	
B	I	5	59,21
	II	5	
C	I	5,5	65,98
	II	5,5	
D	I	6	73,81
	II	6	
E	I	6,5	76,97
	II	6,5	
F	I	7	85,22
	II	7	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 3. Grafik hubungan kadar aspal dan VFB untuk *filler* abu batu

Dari gambar diatas diperoleh nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar aspal 4,5% dan 5% tidak memenuhi syarat yaitu karena nilai VFB dibawah 68% dan tidak sesuai dengan persyaratan dari RSNI 03-1737-1989. Sedangkan kadar aspal 6,5%; 6%; 6,5% dan 7% memenuhi syarat yaitu dengan nilai VFB 65,98%; 73,81%; 76,97% dan 85,22%.

d. *Void In Mix* (VIM)

VIM (*Void In Mix*) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai VIM (*Void In Mix*) dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*.

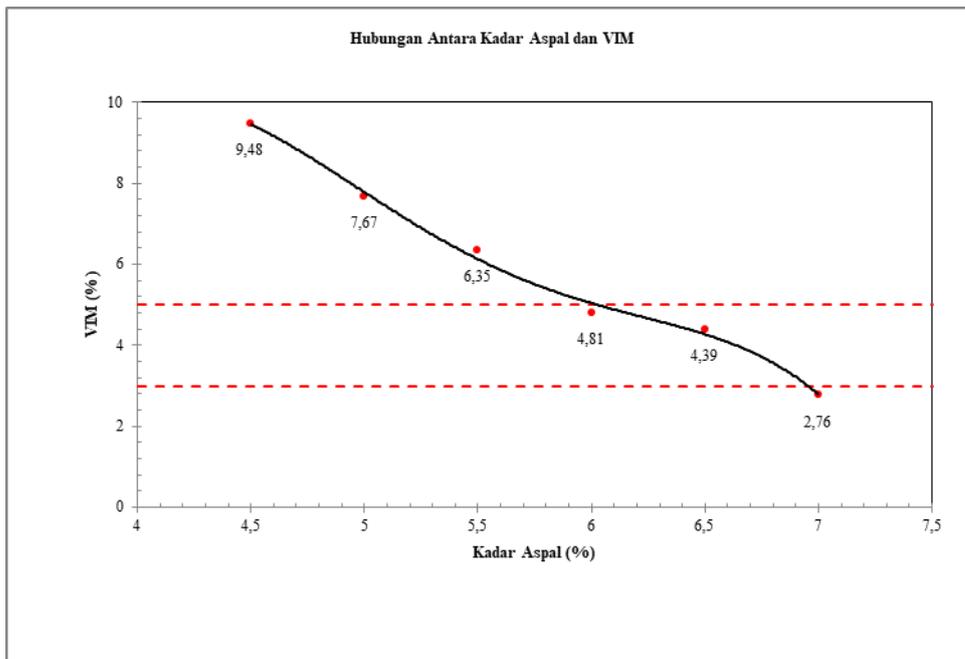
Jika nilai VIM (*Void In Mix*) yang terlalu tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara ke dalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi akan menimbulkan pelepasan butiran (*raveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya *bleading* pada lapis keras. Selain *bleading*, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (*cracking*) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima *deformasi* yang terjadi. Hasil perhitungan VIM selengkapnya disajikan pada table dan gambar.

Tabel 4. Hasil pengujian VIM Marshall abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VIM (%) Rata-rata
A	I	4,5	9,48
	II	4,5	
B	I	5	7,67
	II	5	
C	I	5,5	6,35
	II	5,5	
D	I	6	4,81
	II	6	
E	I	6,5	4,39
	II	6,5	
F	I	7	2,,76
	II	7	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 4. Grafik hubungan kadar aspal dan VIM untuk *filler* abu batu

Dari gambar di atas diperoleh nilai VIM (*Void In Mix*) yang memenuhi persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 sebesar 4% - 6% adalah pada campuran beton aspal dengan kadar aspal 6%; dan 6,5% yaitu dengan nilai VIM (*Void In Mix*) sebesar 4,81%; dan 4,39%.

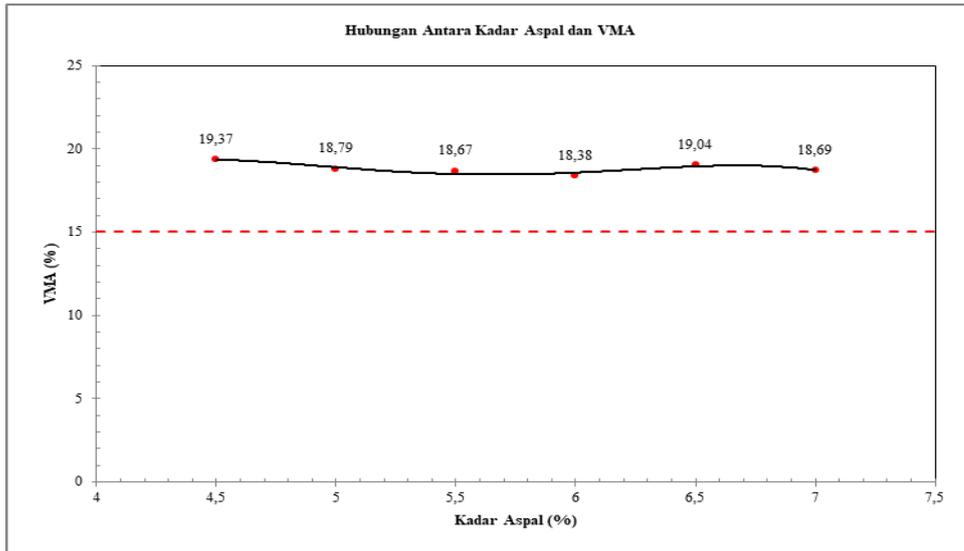
e. VMA (*Void in Mineral Agreggate*)

VMA (*Void In Mineral Aggregate*) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran aspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara VMA dengan kadar aspal dapat dilihat pada tabel dan gambar.

Tabel 5. Hasil pengujian VMA *Marshall* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai VMA (%) Rata-rata
A	I	4,5	19,37
	II	4,5	
B	I	5	18,79
	II	5	
C	I	5,5	18,67
	II	5,5	
D	I	6	18,38
	II	6	
E	I	6,5	19,04
	II	6,5	
F	I	7	18,69
	II	7	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 5. Grafik hubungan kadar aspal dan VMA untuk *filler* abu batu

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7% campuran beton aspal memenuhi syarat uji stabilitas *Marshall* yaitu lebih besar dari 18%.

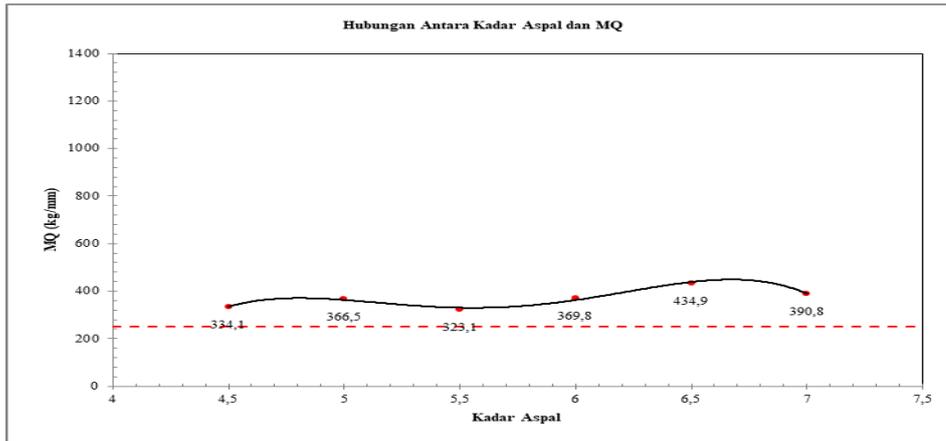
f. *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) dan merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* (MQ) berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil *Marshall Quotient* (MQ) maka perkerasanya semakin lentur. Hasil perhitungan (MQ) selengkapnya disajikan pada table dan gambar.

Tabel 6. Hasil pengujian MQ *filler* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai MQ (kg/mm)
A	I	4,5	357,3
	II	4,5	310,9
	Rata-rata		<b>334,1</b>
B	I	5	375,2
	II	5	358,3
	Rata-rata		<b>366,5</b>
C	I	5,5	357,8
	II	5,5	296,6
	Rata-rata		<b>323,1</b>
D	I	6	330,0
	II	6	407,1
	Rata-rata		<b>369,8</b>
E	I	6,5	428,6
	II	6,5	441,2
	Rata-rata		<b>434,9</b>
F	I	7	399,2
	II	7	383,2
	Rata-rata		<b>390,8</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018



Gambar 6. Grafik hubungan kadar aspal dan MQ untuk *filler* abu batu

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7% memiliki nilai MQ (*Marshall Quotient*) maksimum masing – masing yaitu 334,1; 366,5; 323,1; 369,8; 434,9 dan 390,8 kg/mm. Secara keseluruhan campuran beton aspal menggunakan agregat Sungai Batu memenuhi syarat MQ berdasarkan Revisi SNI 03-1737-1989 yaitu diatas 250 kg/mm.

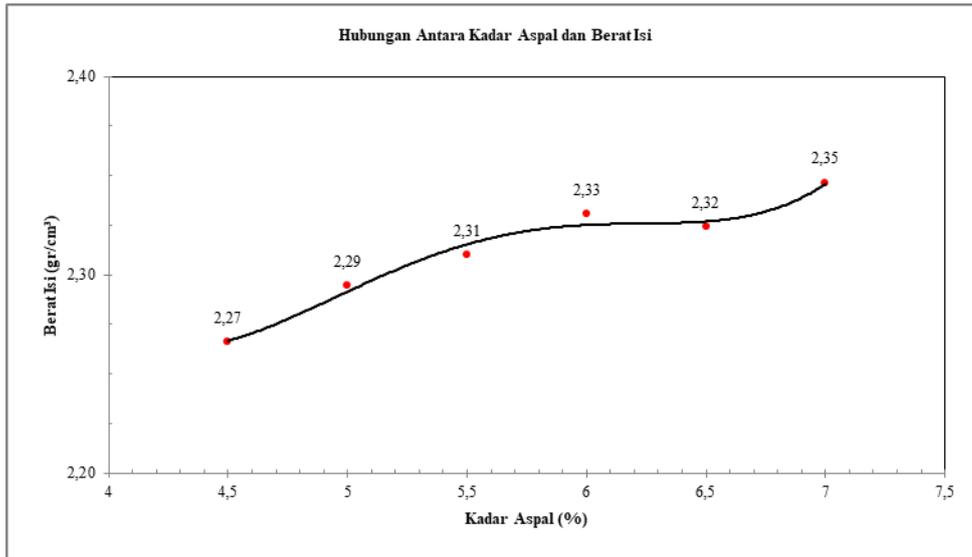
g. Berat isi (*density*)

Kepadatan merupakan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume,. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Hasil pengujian *density* selengkapnya disajikan pada tabel dan gambar.

Tabel 7. Hasil pengujian *Density* (kepadatan) *filler* abu batu

Notasi	Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Nilai Densty (kg/cm <sup>3</sup> )
A	I	4,5	2,28
	II	4,5	2,26
	Rata-rata		<b>2,27</b>
B	I	5	2,29
	II	5	2,30
	Rata-rata		<b>2,29</b>
C	I	5,5	2,30
	II	5,5	2,32
	Rata-rata		<b>2,31</b>
D	I	6	2,32
	II	6	2,34
	Rata-rata		<b>2,33</b>
E	I	6,5	2,33
	II	6,5	2,32
	Rata-rata		<b>2,32</b>
F	I	7	2,34
	II	7	2,35
	Rata-rata		<b>2,35</b>

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium PUPR Kab. Banggai, 2018

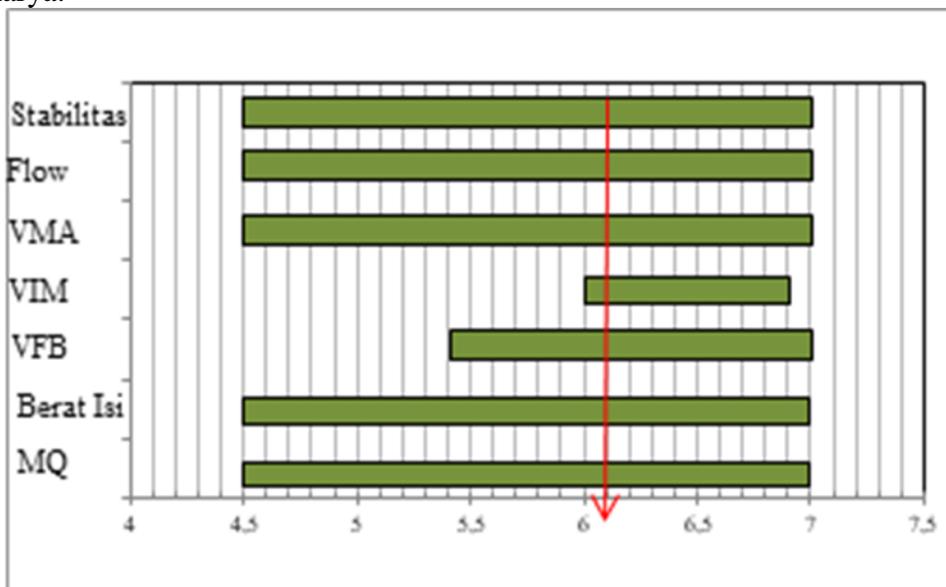


Gambar 7. Grafik hubungan kadar aspal dan Berat isi untuk *filler* Abu batu

Dari gambar di atas menunjukkan kepadatan yang stabil pada setiap campuran beton aspal. Hasil di atas menunjukkan bahwa semua campuran beton aspal memenuhi syarat uji tekan *Marshall*, karena tidak ada persyaratan khusus untuk nilai density dalam menentukan nilai kadar aspal optimum.

#### h. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, *density* dan *Marshall Quotient*. Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Di bawah ini merupakan penentuan kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan menggunakan agregat kasar, Pasir alam, dan aspal Pertamina pen 60/70 dari AMP PT. Victory Multi Karya.



Gambar 8. Grafik kadar aspal optimum campuran aspal untuk *filler* abu batu

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa kadar aspal optimum pada campuran beton aspal AC-WC menggunakan aspal Pertamina pen 60/70 dengan agregat kasar Sungai Toili diperoleh pada nilai 6,1% dengan nilai *VIM* yaitu 4,81%; nilai *VFB* yaitu 73,81%; nilai *VMA* yaitu 18,38 %; nilai stabilitas yaitu 1146 kg; nilai *flow* yaitu 3,10 mm; dan nilai *MQ* yaitu 369,8 kg/mm.

## KESIMPULAN

1. Dari pengujian di dapatkan karakteristik *Marshall* campuran aspal concrete AC-WC dengan bahan pengisi *filler* Abu Batu pada AMP PT. Victory Multi Karya memenuhi syarat stabilitas lalu lintas berat sesuai Revisi SNI 03-1737-1989 dengan nilai stabilitas 1348 kg. Dan nilai *flow* (kelelehan) 3,10 mm.
2. Berdasarkan hasil pengujian Karakteristik *Marshall* campuran aspal concrete AC-WC dengan *filler* pengisi abu batu AMP PT. Victory Multi Karya memenuhi syarat stabilitas, keawetan, kepadatan, dan kekuatan terhadap kerusakan setelah di rendam selama 24 jam dengan nilai stabilitas 1352,6 kg, dan nilai *flow* (kelelehan) 3,83 mm hasil ini menunjukkan bahwa durabilitas AC-WC dengan menggunakan *filler* abu batu material AMP PT. Victory Multi Karya lebih baik dan memenuhi syarat untuk di gunakan dalam pengaspalan Jalan di Kabupaten Banggai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Awan Susanto, H. E. R. Y. (2012). *Pemanfaatan Pasir Besi (Iron Sand) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Wearing Course (Ac-Wc)* (Doctoral dissertation, magister teknik sipil).
- Sriharyani, L., & Tholib, A. (2019). Perubahan Parameter Marshall Akibat Perbedaan Jumlah Tumbukan pada Asphalt Concrete-Binder Coarse (AC-BC) Gradasi Kasar. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 53-65.
- Gunawan, R., & Sari, A. W. F. (2021). Pengaruh Penggunaan Batu Gamping Desa Tabarenah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc (Asphalt Concrete Binder Course). *STATIKA: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 1-12.
- Sugiarto, R. E. (2003). Pengaruh Variasi Tin Gkat Kepadatan Terhadap Sifat Jwarshall Dan Indek Kekuatan Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal Pada Laston (Ac-Wc) 1\Ienggunakan Jenis Aspal Pertamina Dan Aspal Esso Penetrasi 60/70.
- Said, M. S. (2019). *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Panas (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Aspal Plastik Dan Pendaman Berulang* (Doctoral Dissertation, Universitas Bosowa).
- Nento, S., Djau, R. A., Bumulo, N., & Dayanti, W. (2022). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Wc Menggunakan Filler Abu Batu Zeolit. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 4(2), 67-76.
- Siregar, R. S. (2017). *Perbandingan Penggunaan Limbah Karbit Dan Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Pada Lapisan Asphalt Treated Base (ATB)(Studi Penelitian)* (Doctoral dissertation).