

Pengaruh Serbuk Tulang Sotong Sebagai Bahan Tambahan Filler Untuk Campuran Aspal Beton AC-WC

Achmad Pahrul Rodji^{1*)}; Sahat Martua Sihombing¹; Bakri Ramdani¹

1. Prodi Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Bekasi, Jawa Barat 13077 Indonesia

^{*)}Email: achmadpahrulrodji@unkris.co.id

Received: 5 April 2023 | Accepted: 23 Mei 2023 | Published: 31 Mei 2023

ABSTRACT

Asphalt concrete is an aggregate mixture that has a continuous gradation with liquid asphalt material resulting from the compounding of hydrogen and hydrocarbons. The main durability of bituminous concrete lies in the aggregate grains which bind together between the sand / filler / bitumen as mortar. This study aims to determine the use of cuttlefish bone powder in an alternative mixture for asphalt concrete coating that can meet the Marshall characteristics of the AC-WC mixture. This study used an experimental method that discussed Marshall characteristics on the percentage of cuttlefish bone powder used at 0%, 50% and 100% as an alternative to filler fillers. The cuttlefish bone powder experiment that met the general specifications of the clan clan was 50% with a stability value of 2,061.87 kg, a flow (melting) value of 6 mm, a Marshall Quotient value of 343.64 kg/mm, a VIM value for the volume of air voids in the mixture of 3.825%, VMA value. (Void Mineral Aggregate) 16.494% and VFB (Void Filled with Bitumen) value 99.230%. From the results of this study it turns out that cuttlefish bone powder is suitable for use as filler in asphalt concrete AC-WC mixtures for highways that have heavy traffic volumes with the best material percentage variant of 50%.

Keywords: Cuttlefish Bone Powder; Asphalt Concrete Mixture, Characteristics of Marshall AC-WC

ABSTRAK

Aspal beton merupakan campuran agregat yang memiliki gradasi berlanjut dengan material cairan aspal hasil pernyeyawaan hydrogen dan hidrokarbon. Ketahanan aspal beton yang utama terletak pada saat butir-butir agregatnya yang saling mengikat antara pasir / filler / bitumen sebagai mortar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui terkait penggunaan serbuk tulang sotong pada bahan campuran alternatif untuk lapisan aspal beton yang dapat memenuhi karakteristik Marshall pada campuran AC-WC. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang membahas karakteristik marshall pada persentase penggunaan serbuk tulang sotong dalam tingkatan 0%, 50% dan 100% sebagai alternatif pengganti pengisi filler. Percobaan serbuk tulang sotong yang memenuhi spesifikasi umum bina marga adalah kadar 50% dengan nilai stabilitas 2.061.87 kg, nilai flow (kelelehan) 6 mm, nilai Marshall Quotient 343.64 kg/mm, nilai VIM volume rongga udara dalam campuran 3.825%, nilai VMA (Void Mineral Agregat) 16.494% dan nilai VFB (Void Filled with Bitumen) 99.230%. Dari hasil penelitian ini ternyata serbuk tulang sotong layak digunakan untuk bahan pengisi filler pada campuran aspal beton AC-WC untuk jalan raya yang memiliki volume lalulintasnya padat dengan varian persentase bahan terbaik sebesar 50%.

Kata kunci: Serbuk Tulang Sotong; Campuran Aspal Beton, Karakteristik Marshall AC-WC

1. PENDAHULUAN

Moda transportasi darat adalah jenis moda angkutan yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Sebagai pertimbangan dapat dilihat dari aspek keamanan, dan aspek ekonominya dengan meletakkan transportasi darat menjadi prioritas utama yang diminati masyarakat. Jalan merupakan prasarana lalu lintas yang harus menjadi perhatian penting yang harus diperhatikan. Dalam melakukan pembangunan dan pembuatan konstruksi jalan raya harus dapat mencapai standar ketentuan persyaratan yang berlaku, agar keselamatan dan kenyamanan dari para pengguna jalan dapat terpenuhi.[1]

Penggunaan aspal sebagai material bahan struktur jalan sudah umum diketahui dan digunakan secara luas dalam proses pembangunan jalan. Akan tetapi untuk penggunaan aspal beton di negara ini dari waktu ke waktu semakin meningkat volumenya. Aspal beton memiliki kemampuan dalam menahan beban berat dari kendaraan dan material dasarnya dapat menggunakan bahan-bahan yang banyak tersedia serta mempunyai kemampuan yang cukup baik terhadap perubahan cuaca yang ekstrim. Aspal beton merupakan pencampuran dari agregat yang memiliki gradasi berlanjut dengan bahan pengikatnya. Kekuatan maksimal aspal beton terletak di masing-masing bagian agregat yang saling terkait/terkunci dengan sedikit filler dan bitumen sebagai campuran semen, pasir, dan juga air.[2]

Dalam menghasilkan aspal beton yang bermutu tinggi dan ekonomis diperlukan beberapa terobosan dan inovasi. Oleh sebab itu sekarang ini aspal beton banyak dimodifikasi dengan mencampur bahan limbah untuk menggantikan agregat halus. Diantaranya limbah serbuk tulang sotong yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk tulang sotong sebagai bahan pengganti dan sebagian filler untuk campuran aspal beton AC-WC dengan beberapa presentasi yaitu 0 %, 50 % dan 100 %. Dan masing-masing campuran aspal beton tersebut akan dibuatkan tiga benda uji. Dari pengujian yang dilakukan pada campuran aspal beton ini yaitu untuk mengetahui tingkat kelayakan agregat campuran aspal beton menggunakan test marshall.[3]

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menerapkan metode eksperimen di laboratorium perkerasan jalan dengan melakukan percobaan langsung agar mendapatkan data terkait hubungan dari masing-masing variabel yang diselidiki. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan pekerjaan, yang pertama dilakukan adalah persiapan bahan, kemudian dilanjutkan pembuatan campuran yang akan digunakan dalam pembuatan sample dan pengujiannya, melalui mekanisme pencampuran aspal panas (AC-WC).[4] dengan mengacu kepada metode-metode yang disahkan oleh Bina Marga dalam bentuk SK-SK Standar Nasional Indonesia. [5]

Pada penelitian ini masih menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 06-2489-1991) tentang cara pembuatan rencana aspal beton normal.[6] Material yang dipakai seperti agregat kasar, agregat halus dan filler harus dilakukan diuji terlebih dahulu. Agregat kasar merupakan bahan-bahan agregat yang tertahan di atas nomor empat atau 4,75 mm (SNI 03-1968-1990) dalam bentuk kerikil atau batu pecah.[7] Agregat halus merupakan bahan-bahan agregat yang lolos saringan nomor empat atau 4,75 mm (SNI 03-1968-1990),[8] dalam bentuk pasir, sedangkan untuk bahan pengisi (*filler*) material yang akan dilakukan pengujian untuk bahan campuran aspal beton berbentuk debu batu dan bubuk tulang sotong yang lolos saringan nomor dua ratus atau 0,075mm.[9] Untuk metode pengujian yang akan digunakan dari material bahan seperti agregat kasar, agregat halus dan *filler* harus dapat memenuhi standar yang telah ditentukan mengacu pada

campuran aspal panas (*Asphalt Concrete*) dan lapisan *wearing course* dengan spesifikasi gradasi berdasarkan standar Dep. Perhubungan Pekerjaan Umum Tahun 2007.[10]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

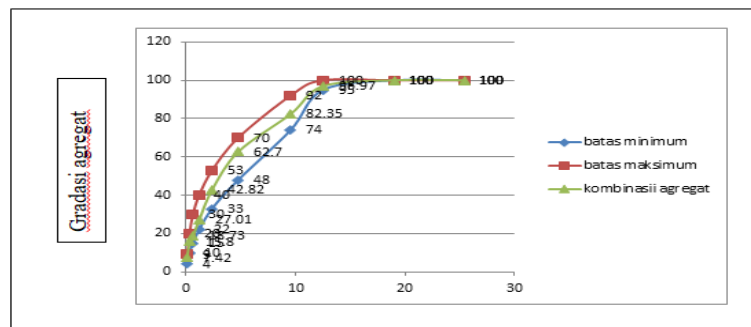
Hasil pengamatan terkait fitur yang biasa di gunakan sebagai identifikasi agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus serta *Job Mix* agregat kasar, sedang, halus serta *filler* campuran AC-WC telah mengacu pada metode pengujian yang disyaratkan [11]

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar, Agregat Sedang, dan Agregat Halus. [12]

No	Jenis Pemeriksaan Berat Jenis (BJ)	Metode Pengujian (SNI)	Satuan	Hasil	Persyaratan
Agregat kasar					
1	BJ curah (Bulk)	1969-2008	Gr/cc	2,59	$\geq 2,5$
2	BJ kering permukaan	1969-2008	Gr/cc	2,60	$\geq 2,5$
3	BJ semu	1969-2008	%	2,62%	$\geq 2,5\%$
4	Penyerapan air	1969-2008	%	1,93%	$\leq 2,5\%$
Agregat sedang					
1	BJ curah (Bulk)	1969-2008	Gr/cc	2,57	$\geq 2,5$
2	BJ kering permukaan	1969-2008	Gr/cc	2,58	$\geq 2,5$
3	BJ jenis semu	1969-2008	%	2,59%	$\geq 2,5\%$
4	Penyerapan air	1969-2008	%	2,40 %	$\leq 2,5\%$
Agregat halus					
1	BJ curah (Bulk)	1970-2008	Gr/cc	2,51	$\geq 2,5$
2	BJ kering permukaan	1970-2008	Gr/cc	2,55	$\geq 2,5$
3	BJ semu	1970-2008	%	2,53%	$\geq 2,5\%$
4	Penyerapan air	1970-2008	%	2,87%	$\leq 3\%$

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

Ayakan		Agregat Halus		Agregat Sedang		Agregat Kasar		Filler	Kombinasi Gradasi	Spesifikasi
Inch	mm	100%	42%	100%	37%	100%	20%	1%		
1"	25.4	100	42	100	37	100	20	1	100	100
3/4 "	19	100	42	100	37	100	20	1	100	100
1/2 "	12.5	100	42	100	37	84.85	16.97	1	96.97	90~100
3/8 "	9.53	100	42	100	37	11.74	2.35	1	82.35	77 ~ 90
# 4	4.75	100	42	51.79	19.16	2.69	0.54	1	62.7	53 ~ 69
# 8	2.36	84.04	35.30	16.79	6.21	1.65	0.33	1	42.82	33 ~ 53
# 16	1.18	52.03	21.85	10.42	3.85	1.55	0.31	1	27.01	21~ 40
# 30	0.600	34.16	14.35	8.35	3.09	1.45	0.29	1	18.73	14~ 30
# 50	0.300	28.21	11.85	7.25	2.68	1.35	0.27	1	15.8	9 ~ 22
# 200	0.075	11.42	4.80	3.86	1.43	1.01	0.20	0.99	7.42	4 ~ 9



Gambar 1. Gradasi Agregat

Penelitian ini menggunakan aspal minyak dengan penetrasi 60/70 yang didapat dari laboratorium perkerasan jalan aspal. Berikut adalah hasil pemeriksaan karakteristik aspal:

Tabel 3. Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak Pen 60/70

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi		Satuan
		Min	Max	
Penetrasi (25°C, 5 detik, 100 gr)	66.7	60	79	0.1 mm
Titik nyala (<i>Clev. Open cup</i>)	290	200	-	°C
Titik Bakar (<i>Clev. Open cup</i>)	310	-	-	-
Titik Lembek (<i>Ring and Ball</i>)	51	48	58	°C
Berat Jenis	1.03	1	-	gr/cc
Daktilitas	114.5	100	-	Cm
Penurunan Berat	0.25	-	0.80%	Berat Semula
Penetrasi Setelah Penurunan Berat	66.7	54	-	0.1 mm

Setelah diperoleh komposisi campuran dengan menggunakan metode Bina Marga, selanjutnya akan dilaksanakan pengukuran sesuai dengan kadar aspal dan persentase yang tertahan pada tiap-tiap saringan.[13]

Proporsi campuran lapisan aspal beton AC-WC:

1. Agregat Kasar = 20 %
2. Agregat Sedang = 37 %
3. Agregat Halus = 42 %
4. *Filler* = 1 %

Berikut adalah rumus untuk menghitung kadar aspal rencana diperoleh dari persamaan (1)

$$PPb = 0.035 (CA) + 0.045 (FA) + 0.18 (F) + K \quad (1)$$

CA 0.035 2.09

FA 0.045 1.49

FILLER 0.18 1.28

KONSTANTA 0.8

ASPAL CONTENT 5.66 = 5,7%

dengan agregat kasar yang tertahan pada nomor saringan delapan (CA), agregat halus yang seluruhnya melewati saringan nomor delapan dan tertahan nomor saringan dua ratus (FA), *F Filler* (F), Nilai konstanta (K). Dengan demikian untuk kadar aspal rencana yang akan dipergunakan dalam penelitian ini memiliki persentase sebesar 5,7%.[14]

Setelah mendapatkan persentase dari tiap-tiap bagian baik itu agregat dan aspal, selanjutnya akan di hitung berat bahan-bahan dalam Rancangan campuran dengan kapasitas mold yang tersedia.[15] Untuk rancangan campuran AC-WC sebagai berikut ini:

1. Kadar aspal : 5,7 %
2. Kapasitas mold : 1200 gram
3. Berat aspal : $5,7 \% \times 1200 = 68,4$ gram
4. Berat total agregat : $(100-5,7) \% \times 1200 = 1.131,6$ gram
5. Agregat halus : $42 \% \times 1.131,6 = 475,3$ gram
6. Agregat sedang : $37 \% \times 1.131,6 = 418,7$ gram
7. Agregat kasar : $20 \% \times 1.131,6 = 226,3$ gram
8. Filler : $1 \% \times 1.131,6 = 11,3$ gram

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal

Kadar Aspal	Kadar Limbah Serbuk Tulang Sotong	Berat Serbuk Tulang Sotong	Berat Aspal	Agregat Halus	Agregat Sedang	Agregat Kasar	Filler	Total
				42%	37%	20%	1%	
%	%	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr
5,7	0	0	68,6	475,3	418,7	226,3	11,3	1200
5,7	0	0	68,6	475,3	418,7	226,3	11,3	1200
5,7	50	6,2	68,6	475,3	418,7	226,3	6,2	1200
5,7	50	6,2	68,6	475,3	418,7	226,3	6,2	1200
5,7	100	11,3	68,6	475,3	418,7	226,3	0	1200
5,7	100	11,3	68,6	475,3	418,7	226,3	0	1200

Berdasarkan hasil perhitungan, pengukuran, penyerapan berat jenis agregat serta BJ aspal, maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Material	Berat jenis kering udara	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = (a+b)/2$
agregat kasar	2,59	2,62	2.61
agregat sedang	2,57	2,59	2.58
agregat halus	2,51	2,53	2.52
aspal pen 60/70	1.03		

Dengan demikian berdasarkan data-data hasil perhitungan di atas, maka didapatkan untuk BJ gabungan antar agregat sebagai berikut:

Berat jenis kering udara dari total agregat (Gsb) total. Agregat = $\frac{100}{\frac{42\%}{2.59} + \frac{37\%}{2.57} + \frac{20\%}{2.51}} = 2.61$

Maka berat jenis (BJ) kering udara total agregat adalah 2.61%

Berat jenis Semu dari total agregat (Gsa) total. Agregat = $\frac{100}{\frac{42\%}{2.62} + \frac{37\%}{2.59} + \frac{20\%}{2.53}} = 2.62$

maka berat jenis (BJ) semu total agregat adalah 2.62%

Berat jenis (BJ) efektif agregat (Gsc) = $\frac{2.61+2.62}{2} = 2,61$

Maka berat jenis (BJ) efektif agregat sebesar 2,62%

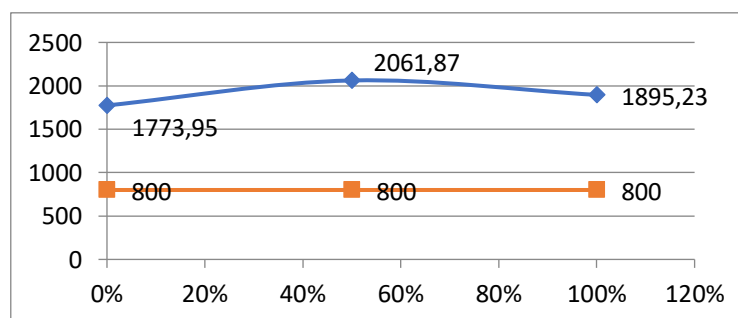
Penyerapan Aspal (Pba) = $\frac{2.75-2.65}{2.75-2.65} \times 1.03 \times 100\% = 1.03\%$

Jadi penyerapan aspal adalah 1,03%.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Marshall Test* Rata-Rata Dengan Limbah Serbuk Tulang Sotong Sebagai Pengganti *Filler*

Serbuk Tulang Sotong (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
0	1522.9	4	380.72	4.365	16.964	99.257
0	2025.71	4	506.42	6.694	18.985	99.352
Rata – rata	1773.95	4	443.57	5.530	17.975	99.305
50%	2049.82	6	341.63	2.910	15.700	99.374
50%	2073.93	6	345.65	4.740	17.288	99.190
Rata – rata	2.061.87	6	343.64	3.825	16.494	99.230
100%	1812.98	2	906.49	5.738	18.155	99.320
100%	1977.48	5	395.496	9.438	21.368	99.392
Rata – rata	1895.23	3.5	650.99	7.588	19.762	99.379
Spesifikasi	Min	800	3	250	3.5	15
	Maks	-	-	-	5.5	-
Pemadatan	75x2					
Kadar Aspal	5,7					

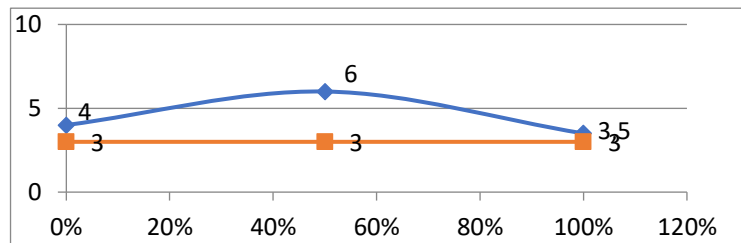
3.1. Pengaruh campuran *filler* serbuk tulang sotong terhadap Stabilitas AC-WC.



Gambar 2. Grafik Stabilitas Campuran Serbuk Tulang Sotong

Dari Gambar grafik diatas bahwa nilai stabilitas naik di kadar campuran filler serbuk tulang sotong 50%. kemudian stabilitas menurun di campuran filler serbuk tulang sotong 100%. Nilai stabilitas campuran filler serbuk tulang sotong 0%, 50% dan 100% telah memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan Bina Marga yaitu minimal 800 kg.

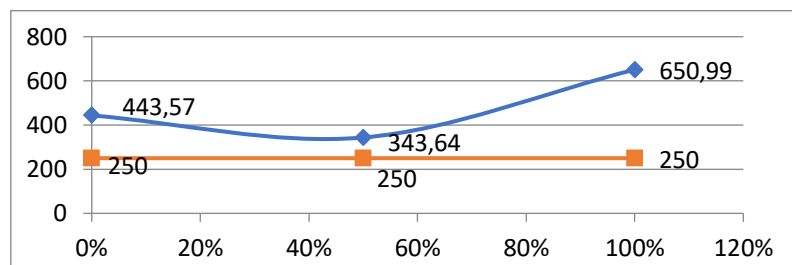
3.2. Pengaruh Campuran *Filler* Serbuk Tulang Sotong Terhadap *Flow* AC-WC.



Gambar 3. Grafik *Flow* Campuran Serbuk Tulang Sotong

Dari Gambar 3 diatas nilai flow (kelelehan) memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga minimal 3 mm yang disyaratkan.

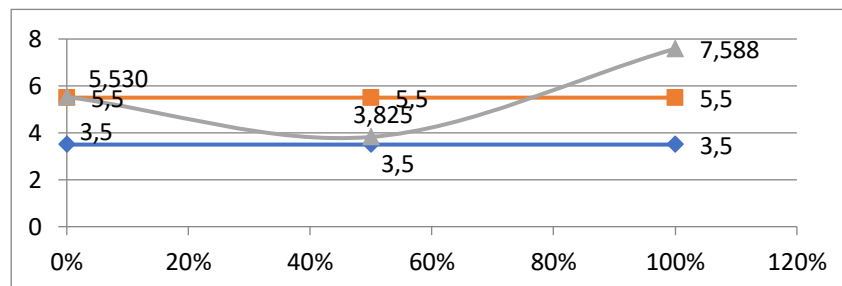
3.3. Pengaruh Campuran *Filler* Serbuk Tulang Sotong Terhadap *Marshall* AC-WC



Gambar 4. Grafik *Marshall Quotient* Campuran Serbuk Tulang Sotong.

Jika dilihat dari Gambar 4 diatas, di dapat nilai MQ telah memenuhi spesifikasi minimal yang disyaratkan yaitu sebesar 250kg/mm. dengan demikian MQ merupakan hasil bagi antara stabilitas dan flow, yang dapat mengindikasikan pendekatan kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran aspal. Sehingga semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku dan sebaliknya bila semakin kecil nilai MQ nya maka campuran tersebut akan semakin lentur.

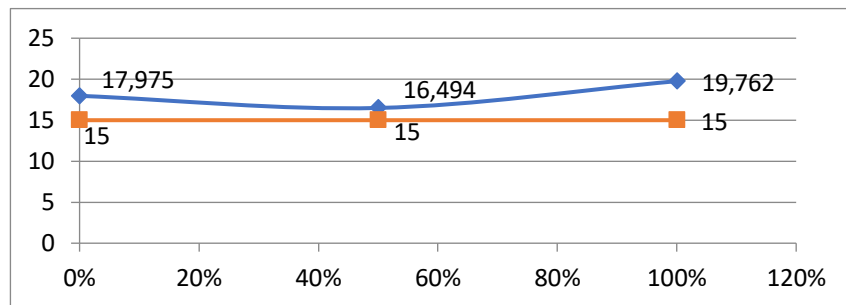
3.4. Pengaruh Campuran *Filler* Serbuk Tulang Sotong Terhadap *VIM* AC-WC.



Gambar 5. Grafik *VIM (%)* Campuran Serbuk Tulang Sotong.

Dari Gambar 5 diatas nilai VIM menurun dicampuran filler serbuk tulang sotong 50% dan meningkat dicampuran filler serbuk tulang sotong 100%. Nilai VIM ini menyatakan bahwa banyaknya persentase pori-pori rongga udara dalam campuran aspal.

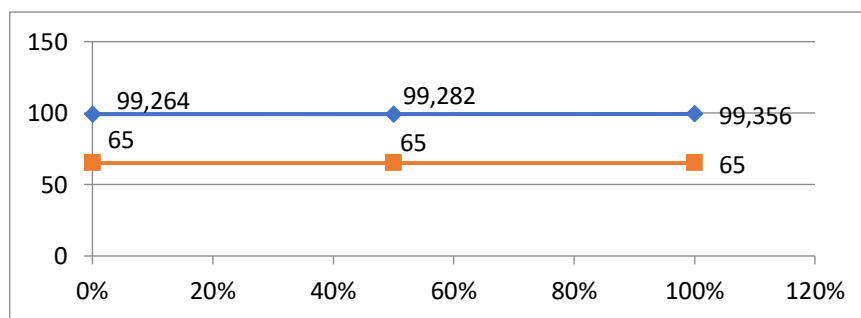
3.5. Pengaruh Campuran *Filler* Serbuk Tulang Sotong Terhadap VMA AC-WC



Gambar 6. Grafik VMA (%) Campuran Serbuk Tulang Sotong.

Dari Gambar 6 diatas nilai VMA memenuhi nilai minimal VMA dan meningkat di kadar filler tulang sotong 100%. Hal tersebut diakibatkan oleh serbuk tulang sotong yang telah mengisi rongga-rongga antar agregatnya, membuat rongga antar agregat semakin rapat dan mengikat.

3.6. Pengaruh Campuran *Filler* Serbuk Tulang Sotong Terhadap VFB AC-WC.



Gambar 7. Grafik VFB (%) Campuran Serbuk Tulang Sotong.

Dengan demikian nilai VFB dapat mengetahui besarnya persentase rongga yang dapat di isi oleh aspal. Untuk nilai VFB sangatlah mempengaruhi pada sifat kerapatan dari masing-masing campuran terhadap air dan udara serta sifat-sifat elastisitas dari campuran tersebut.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat di simpulkan untuk pemanfaatan dari limbah serbuk tulang sotong sebagai *filler* ini diharapkan memenuhi persyaratan parameter *Marshall* yang sesuai dan menghasilkan perpaduan yang baik antara agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal. Material yang terdapat pada limbah serbuk tulang sotong mengandung silika yang berfungsi sebagai bahan pengikat agregat sehingga meningkatkan kepadatan suatu campuran, dengan nilai flow, *Marshall Quotient*, VFB, (VIM) serta (VMA) telah memenuhi standar spesifikasi yang di tentukan oleh Bina Marga dan telah memenuhi persyaratan parameter *Marshall* untuk lapisan aspal beton. Nilai stabilitas divariasi 0% yaitu 1773,95 kg, di 50 % 2061,87 kg dan 100 % 1895,53 kg di min 800 kg. Nilai Flow (kelelahan) 0% 4mm, 50% 6 mm dan 100 % 3,5 mm dengan nilai min 3 mm. Dan *Marshall Quotient* 0% 443,57 kg/mm, 50% 343,64 kg/mm, dan 100 % 650, 99 kg/mm dengan nilai min 250 kg/mm. rongga dalam campuran (VIM) campuran filler serbuk tulang sotong 0% = 5.530 %, campuran filler serbuk tulang sotong 50 % = 3.825 % dan campuran filler serbuk tulang sotong 100 % = 7.588 % dengan nilai min 3,5% – 5,5%.

rongga dalam agregat (VMA) yaitu di campuran filler serbuk tulang sotong 0 % = 17.975 % dicampuran filler serbuk tulang sotong 50 % = 16.494 % dicampuran filler serbuk tulang sotong 100% = 19.762 % dengan min 15% rongga terisi aspal (VFB) campuran filler serbuk tulang sotong 0 % = 99.305% campuran filler serbuk tulang sotong 50 % = 99.230% campuran filler serbuk tulang sotong 100 % = 99.379 % dengan nilai min 65%. Sehingga dapat disarankan untuk penelitian kedepannya harus ada penelitian lebih lanjut terkait jenis-jenis perkerasan *hot-mix* yang lainnya dan penggunaan bahan serbuk tulang sotong 0%, 50%, dan 100 %, sebagai pengganti *filler* sehingga perlu diadakan penelitian lebih dari 0% kurang dari 50% / lebih dari 50% dan kurang dari 100%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana untuk melakukan Penelitian Aspal, dan Institut Teknologi PLN yang telah mengijinkan submit luaran penelitian yang peneliti telah susun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Pekerjaan Umum. BSN. 2011 *Cara Pengujian Titik Lembek Aspal. Cara Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar. Cara Pengujian Berat Jenis Aspal dan Cara Pengujian Penetrasi Aspal. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta 2011*
- [2] Dirjen Pekerjaan Umum. Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) Divisi 6 (pp. 1–89). 2010
- [3] Laboratorium Aspal Universitas Krisnadwipayana. Jakarta. 2022.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, *Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan*, Buku 8 Permasalahan Lapangan, Manual Konstruksi dan Bangunan, Direktorat Jendral Bina Marga, 2006
- [5] Badan Standarisasi Nasional, “Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal,” SNI 03-6723-2002. Jakarta, 2002.
- [6] Saodang, Hamirhan. *Konstruksi Jalan Raya, Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Buku 2.Cet. 1. Nova. Bandung. 2005.
- [7] Sukirman. Silvia. *Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 2003.
- [8] S. Hamirhan, *Konstruksi Jalan Raya: Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova, 2005.
- [9] Melkisedek Paku Layuk. Tugas Akhir *Studi Kinerja Campuran Ac-Wc Menggunakan Bga-Asbuton Sebagai Bahan Pengikat*. Makasar. Universitas Hasanudin. 2014.
- [10] Andi Muh. Fatwa. *Karakterisasi Tepung Tulang Sotong (Sepia Sp.) Berdasarkan Metode Perebusan* 2018
- [11] Andhika Putra¹, Tri Mulyono², dan Yusfita Chrisnawati³ Laporan Penelitian *Kajian Parameter Marshall dengan Menggunakan Limbah Serbuk Kerang Hijau Sebagai Filler Campuran Aspal Beton*. UNJ. Jakarta. 2020
- [12] Andi Tenrisukki Tenriajeng. *Rekayasa Jalan Raya*, Gunadarma, Jakarta, 2002.
- [13] Arjuna Sanda Sau’langi^{*1}, Alpius^{*2}, Herman Welem Tanje^{*3} Laporan Penelitian *Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Filler Untuk Campuran AC-WC*. UKI Paulus. Makassar. 2021.
- [14] Alimatul Hidayah¹ dan Sugeng Dwi Hartantyo² Laporan Penelitian *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gypsum Sebagai Bahan Pengganti Filler pada Campuran Asphalt Concrete – Wearing Course*. Universitas Islam Lamongan. Lamongan 2021.
- [15] Ratna Yuniarti dkk. Laporan Penelitian *Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler pada Campuran Perkerasan Aspal Panas*. Universitas Mataram. Mataram 2019.