

PENGARUH GRADASI AGREGAT TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN CPHMA (COLD PAVING HOT MIX ASBUTON)

Asidin

(Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan Baubau)

Email : asidin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh gradasi agregat terhadap karakteristik marshall pada campuran CPHMA. Penelitian ini menggunakan metode cara *Trial And Error* dengan penentuan komposisi Variasi Saringan Gradasi dengan kadar aspal rencana yaitu 7% yang terdiri dari lima sampel. Total benda uji sebanyak 25 buah. Dari pengujian *Marshall Test* diperoleh campuran CPHMA dengan pemadatan 2x75 tumbukan pada gradasi menerus, nilai *Density* 2,256 gr/cc; *VMA* 17,67%; *VIM* 3,83%; *VFB* 78,48%; Stabilitas 2167,75 kg; *Flow* 3,11 mm; *MQ* 698,84 kg/mm, gradasi senjang spesifikasi nilai *Density* 2,151 gr/cc; *VMA* 21,48%; *VIM* 8,28%; *VFB* 61,51%; Stabilitas 2292,53 kg; *Flow* 3,12 mm; *MQ* 735,74 kg/mm. Sedangkan *gradasi senjang rencana 1* memiliki nilai *Density* 2,168 gr/cc; *VMA* 20,86%; *VIM* 7,55%; *VFB* 63,89%; Stabilitas 2443,36 kg; *Flow* 3,21 mm; *MQ* 768,82 kg/mm, *gradasi senjang rencana komposisi 2* memiliki nilai *Density* 2,174 gr/cc; *VMA* 20,66%; *VIM* 7,33%; *VFB* 65,98%; Stabilitas 2463,24 kg; *Flow* 3,38 mm; *MQ* 732,10 kg/mm, dan *gradasi senjang rencana 3* memiliki nilai *Density* 2,024 gr/cc; *VMA* 25,48%; *VIM* 12,95%; *VFB* 49,28%; Stabilitas 2689,35 kg; *Flow* 3,65 mm; *MQ* 758,11 kg/mm. Secara umum CPHMA gradasi menerus memberikan karakteristik campuran lebih baik jika dibandingkan dengan CPHMA gradasi senjang spesifikasi dan gradasi senjang rencana.

Kata Kunci : *Aspal, CPHMA, Variasi Gradasi, Marshall test*

A. PENDAHULUAN

Aspal Buton (Asbuton) adalah aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di pulau Buton dan sekitarnya. Dengan jumlah deposit Asbuton yang mencapai 650 juta ton, menjadikan indonesia sebagai negara penghasil aspal alam terbesar di dunia. Kadar aspal yang terkandung dalam Asbuton bervariasi, antara 10-40%. Dari segi mutu, Asbuton dirasa masih kalah bersaing dengan aspal minyak. Kadar aspal Asbuton yang bervariasi, mudah pecah, dan harganya yang lebih mahal menjadi alasan kenapa asbuton menjadi jarang dipakai.

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) yang hampir menyerupai campuran hotmix, merupakan campuran yang menggunakan bahan baku utama *Lawele Granular Asphalt* (LGA) dan bahan

tambah lainnya, yang dicampur pada suhu tinggi dan dapat dihampar serta dipadatkan pada suhu rendah.

Dengan dikembangkannya inovasi CPHMA ini, untuk menjawab kesalahan yang terjadi selama puluhan tahun dalam pemanfaatan Asbuton. Karena itulah, kehadiran campuran Asbuton CPHMA yang tahan pada hamparan panas dan dingin ini menjadikan kualitas Asbuton tetap terjamin kualitasnya.

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*)."

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperatur yang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk dalam pori-pori yang ada penyemprotan / penyiraman pada perkerasan jalan.

Ada beberapa jenis aspal yang perlu kita ketahui yaitu:

- a. Aspal Alam
- b. Aspal Buatan

Di Indonesia, semen aspal biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu :

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40/50
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60/70
3. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85/100
4. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120/150
5. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200/300

Penelitian ini menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70 dengan di tambahkan modifier/bahan peremaja yang merupakan aspal minyak karena tingkat penetrasi ini dianggap cocok dengan iklim di Indonesia, hal ini dikarenakan di Indonesia merupakan daerah dengan iklim tropis dimana memiliki suhu yang lebih besar dari 24 °C.

Berikut ini adalah Tabel Sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70 :

Tabel 1. Persyaratan Sifat - Sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan (1)	
2.	Temperatur yang menghasilkan Dinamis (G*/sinS) pada osilasi 10 rad/detik > 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-Geser 2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) (3)	ASTM D2170-10	> 300	< 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	> 48	Dilaporkan (2)	
5.	Daktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 2432:2011	> 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	> 232	> 230	
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	> 99	> 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	> 1,0	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	< 2,2	
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	< 2	-	

Sumber : Bina Marga 2018 Devisi 6

2. Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang biasanya dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu campuran\beton\semen hidraulik atau adukan.

Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain : pasir, batu pecah, abu/debu agregat dan lain-lain. Berdasarkan besar butirannya agregat dapat dibedakan atas beberapa jenis yaitu :

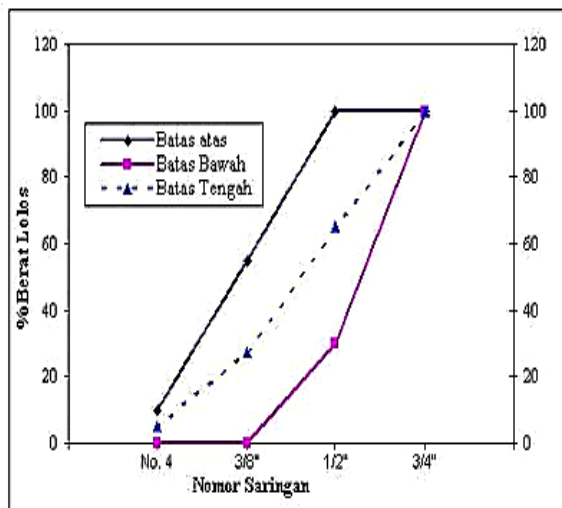
a. Agregat Kasar

Agregat kasar, merupakan agregat yang memiliki ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO dan bebas dari lempung dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	Maks. 12 %
	magnesium sulfat	Maks. 18 %
Abrasi mesin Angeles1)	Campuran AC 100 putaran	Maks. 6%
	Los Modifikasi dan SMA 500 putaran	SNI 2417:2008 Maks. 30%
Semua jenis campuran bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
	500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95 %
	Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA SNI 7619:2012
Partikel Pipih dan Lonjong	Lainnya	95/90 **)
	SMA	ASTM D4791-10
Lainnya	Perbandingan 1 : 5	
Material lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10 %
		Maks. 1%

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal



Gambar 1. Contoh grafik spesifikasi agregat kasar beton aspal (campuran normal)

Sumber : Spesifikasi Umum, Buku 3, Second Highway Sector Investment, Direktorat Bina Program Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.

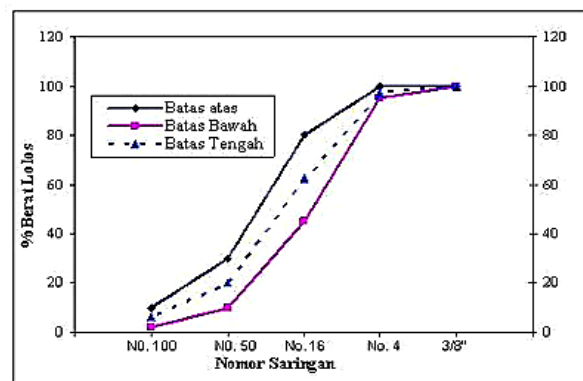
b. Agregat Halus

Agregat halus, merupakan agregat yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih kecil dari 2 mm dan lebih besar dari 0,75 mm menurut AASHTO. Agregat halus harus sesuai persyaratan tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

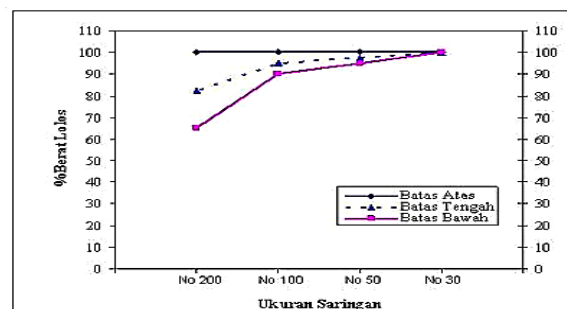


Gambar 2. Contoh Grafik spesifikasi agregat halus beton aspal

Sumber : Spesifikasi Umum, Buku 3, Second Highway Sector Investment, Direktorat Bina Program Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.

c. Filler (Bahan Pengisi)

Filler (abu terbang) adalah bahan pengisi yang berupa debu batu, Fly ash ataupun bahan-bahan pengisi lainnya yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan serta lempung. Filler yang diuji harus lolos saringan No.200 (75 micron).



Gambar 3. Contoh Grafik Gradasi Bahan Pengisi/Filler untuk Beton Aspal

Sumber : Spesifikasi Umum, Buku 3, Second Highway Sector Invesment, Direktorat Bina Program Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.

3. Lawele Granular Asphalt (LGA)

a. Pengertian Lawele Granular Asphalt (LGA)

Lawele Granular Aspal (LGA) merupakan salah satu produk aspal buton (Asbuton) yang fungsi dan kegunaannya merupakan sebagai bahan pengikat. Asbuton Lawele berfungsi sebagai pengganti sebagian aspal minyak karena kandungan bitumennya tinggi dan lunak untuk campuran beraspal baik, *Hot Mix*, *Warm Mix* maupun *Cold Mix* dicampur bersama aspal minyak maupun bahan peremaja/modifier.

Tipe LGA yang digunakan dalam penelitian ini adalah B 50/30 yang terdapat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Spesifikasi *Lawele Granular Asphalt* (LGA)

No.	Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe B 5/20	Tipe B 50/30
1.	Sifat Bentuk Asli			
	- Ukuran butir asbuton butir			
	√ Lolos Avakau (9,5 mm); %	SNI 03-4142-1996	-	100
	√ Lolos Ayakan No.8 (2,36 mm); %	SNI 03-4142-1996	100	-
	- Kadar bitumen asbuton; %	SNI03-3640-1994	Min.18	Min.20
	- Kadar air; %	SNI 2490:2008	Maks.2	Maks.4
2.	Sifat Bitumen Hasil Ekstraksi (SNI 8279:2016) dan Pemulihan (SNI 4797:2015)			
	- Kelarutan dalam TCE; % berat	SNI 2438:2015	Min.99	Min. 99
	- Penetrasi aspal asbuton pada 25 °C, 100 g, 5 detik; 0,1 mm	SNI 2456:2011	2 - 15	40-70
	- Titik Lembek; °C	SNI 2434:2011	-	Min. 50
	- Daktilitas pada 25 °C; cm	SNI 2432:2011	-	> 100
	- Berat jenis	SNI 2441:2011	-	Min. 1.0
	- Penurunan Berat (dengan TFOT); LoH (<i>Loss of Heating</i> , %)	SNI 06-2440-1991	-	< 2
	- Penetrasi aspal asbuton setelah LoH pada 25 °C, 100 g, 5 detik; (% terhadap penetrasi awal)	SNI 2456:2011	-	> 54

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

b. Sifat dan Keunggulan *Lawele Granular Asphalt* (LGA)

Aspal Buton dalam hal ini, *Lawele Granular Aspal* (LGA) memiliki beberapa keunggulan di antaranya sebagai berikut :

- 1) Kuat, kokoh dan keras (*asphaltene tinggi*).
- 2) Lengkut dan lentur/fleksibel (*maltene/resin tinggi*).
- 3) Tahan terhadap perubahan temperatur (*softening point tinggi*).
- 4) Tahan terhadap perubahan bentuk/deformasi (stabilitas dinamis yang tinggi).
- 5) Awet/*durability* tinggi, sehingga umur pelayanan lebih lama.
- 6) Mempunyai titik lembek tinggi, sangat sesuai bila dicampur dengan aspal minyak untuk meningkatkan ketahanan terhadap panas permukaan jalan (*deformasi plastis*), paparan sinar ultra violet (*ageing* dan *getas*) dan kelelahan/*fatigue* (beban berulang).
- 7) Mempunyai kandungan filler alami yang tercampur rata sehingga membentuk mastik aspal alam yang sangat stabil.
- 8) Meningkatkan nilai strength/kekerasan dan stabilitas dinamis dari konstruksi jalan.

4. CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*)

a. Pengertian CPHMA

Menurut buku pedoman bahan konstruksi (Bina Marga 2018), CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) merupakan campuran beraspal yang mengandung asbuton dan bahan tambah lainnya, yang dicampur secara panas, harus dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin. Asbuton campuran panas hampar dingin (CPHMA) merupakan produk campuran beraspal yang siap pakai (produk jadi) yang biasa didapat dalam bentuk kemasan kantong dengan berat isi 25 kg atau dalam bentuk curah.

b. Kadar dan Sifat Aspal Dalam Campuran CPHMA

Kadar dan sifat aspal dalam

asbuton campuran panas hampar dingin diperoleh dari hasil pengujian ekstraksi sesuai dengan SNI 03-3640-1994, sedangkan pemulihan aspal hasil pengujian ekstraksi asbuton campuran panas hampar dingin sesuai dengan SNI 03-4797-1998. Kadar dan sifat aspal tersebut harus memenuhi persyaratan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Persyaratan kadar dan sifat aspal dalam campuran CPHMA

Uraian	Metode Pengujian	Persyaratan
Kadar Aspal, (%)	SNI 03-3640-1994	6 - 8
Karakteristik Bitumen Hasil Ekstraksi :		
Penetrasi 25 °C, 100 g, 5 detik (0,1 mm),	SNI 2456:2011	Min.100
Titik Lembek, (°C)	SNI 2434:2011	Min. 40
Daktalitas pada 25 °C, 5 cm/menit (cm)	SNI 2432:2011	Min. 100

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

c. Sifat Campuran CPHMA Yang di Padatkan

Sifat campuran asbuton campuran panas hampar dingin yang sudah dipadatkan dengan alat pemadat Marshall sebanyak 2 x 75 tumbukan pada temperatur udara (sekitar 30°C) harus memenuhi persyaratan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan sifat campuran CPHMA setelah dipadatkan berikut ini:

Sifat-sifat Campuran CPHMA	CPHMA Padat
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rongga dalam campuran (%)	Min. 4 Maks. 10
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min. 16
Rongga Terisi Aspal (%)	Min. 60
Stabilitas Marshall (kg), temperatur udara	Min. 500
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperatur udara	Min. 60

Sumber : Ditjen Bina Marga 2018

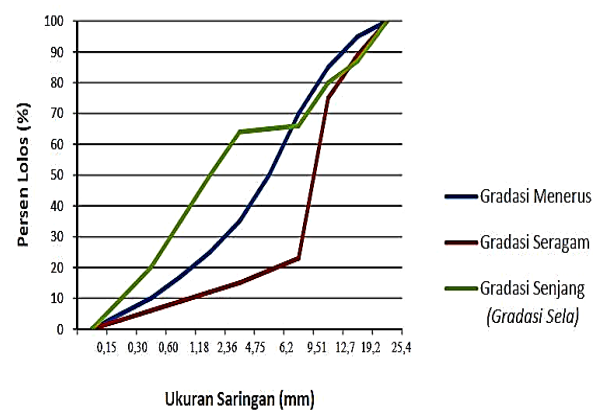
d. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran.

Jenis gradasi secara umum dibedakan menjadi 3 yaitu :

- 1) Gradasi Sela atau Senjang
- 2) Gradasi Menerus
- 3) Gradasi Seragam

Dari jenis-jenis gradasi yang sempat di sebutkan di atas, gradasi juga mempunyai bentuk grafik yang sesuai analisa saringan.



Gambar 4. Contoh bentuk grafik berbagai jenis gradasi

Sumber : Spesifikasi Umum, Buku 3, Second Highway Sector Investment, Direktorat Bina Program Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.

Gradasi agregat campuran CPHMA yang di gunakan pada penelitian ini yaitu gradasi senjang rencana dengan menggunakan 5 variasi komposisi campuran yang dibandingkan dengan 1 variasi komposisi campuran bergradasi menerus dan 1 variasi komposisi gradasi senjang spesifikasi CPHMA.

Gradasi senjang didefinisikan secara umum sebagai gradasi yang terdiri dari campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi hanya terdapat sedikit sekali sehingga gradasi ini dikategorikan sebagai

gradasi jelek/buruk. Gradasi biasanya dinyatakan atas dasar persen lolos, yang menunjukkan jumlah persen agregat dalam berat yang akan melewati saringan berukuran tertentu terhadap berat total agregat. Gradasi campuran yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian ekstraksi asbuton campuran panas hampar dingin sesuai SNI 03-3640-1994 dan bila diuji sesuai SNI ASTM C136-2012 harus memenuhi persyaratan yang ditunjukkan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Persyaratan gradasi agregat CPHMA hasil ekstrasi

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90 - 100
3/8"	9,5	-
No.4	4,75	45 - 70
No.8	2,36	25 - 55
No.50	0,300	5 - 20
No.200	0,075	2 - 9

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan

Adapun kriteria gradasi senjang yang ditunjukkan pada Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Kriteria gradasi senjang

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% lolos No.8	40	50	60	70
% lolos No.30	paling sedikit 32	paling sedikit 40	paling sedikit 48	paling sedikit 56
% kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6

Serta Persyaratan gradasi menerus yang mengacu pada ketentuan Bina Marga 2018 divisi 6 Perkerasan Aspal yang biasa di pakai untuk campuran beton di tunjukan pada tabel 9 di berikut ini:

Tabel 9. Gradasi menerus untuk Campuran CPHMA

Ukuran Ayakan	Mm	% Berat yang Lolos
ASTM 3/4"	19	100
1/2"	12,5	90-100
3/8"	9,5	77- 90
No.4	4,75	53-69
No.8	2,36	33-53
No.16	1,18	21-40
No.30	0,600	14-30
No.50	0,300	9-22
No.100	0,150	6-15
No.200	0,075	4-9

Sumber : Bina Marga 2018 Divisi 6

e. Bahan Peremaja

Bahan peremaja (*modifier*) adalah campuran dari aspal minyak, minyak tanah dan minyak berat atau oli bekas dengan komposisi tertentu serta mempunyai sifat teknis tertentu pula. Sedangkan minyak tanah berfungsi sebagai pelarut (*cutter*) sehingga bitumen cepat keluar dari partikel Asbuton dan bergabung dengan aspal minyak sebagai perekat (*adhesive*) antar butiran agregat.

Tabel 10. Ketentuan Modifier / bahan peremaja

No	Jenis Pengujian	PH – 1000
1.	Viskositas 60°C; detik cSt	500 – 750 1000 – 1500
2.	Kelarutan dalam TCE; %	Min. 99,5
3.	Titik nyala; °C	Min. 180
4.	Berat jenis	Min. 0,95
5.	Penurunan berat (TFOT); % terhadap berat awal	Maks. 4
6.	Kadar parafin lilin; %	Maks. 2

Sumber : Bina Marga (2018)

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. Tinjauan Umum Penelitian

Dalam penelitian ini, pengujian bahan dilakukan dengan menggunakan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 dan metode pengujian karakteristik bahan penyusun campuran aspal di laboratorium mengacu sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan sampel untuk agregat halus (pasir) dan agregat kasar (*gravel*) dilakukan secara langsung dilokasi. Hal ini dilakukan agar sampel yang diambil benar-benar langsung bersumber dari lokasi tersebut. Sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin untuk dilakukan pemeriksaan data-data karakteristik dan *mix design*. Lokasi pengambilan material agregat kasar (*gravel*), agregat halus (pasir), dan aspal LGA serta aspal pen 60/70 bersumber dari Kec. Sora Wolio Kab. Buton hasil produksi AMP PT. Lakina Wolio.

3. Perencanaan Benda Uji

Dalam penelitian ini, perencanaan benda uji dilakukan dengan menentukan komposisi campuran baik penentuan komposisi agregat melalui analisa saringan maupun penentuan kadar aspal rencana. Penentuan komposisi agregat dilakukan dengan cara *trial and error*, sedangkan penentuan kadar LGA dalam campuran yaitu : LGA 3% (10%) dan AC Pen 60/70 2% di tambahkan *modifier* (minyak tanah/*krosen*) terhadap berat campuran, kadar aspal rencana yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 7% terhadap berat campuran, serta penambahan *filler* dalam campuran sebesar 6%. Dengan rincian tiap kadar aspal terdiri dari lima sampel pada campuran CPHMA. Kemudian dilakukan penyiapan benda uji dengan menuangkan campuran aspal untuk tes *Marshall*. Adapun pada tabel 11 susunan

variasi komposisi saringan agregat bergradasi menerus, gradasi senjang spesifikasi, dan gradasi senjang rencana yang akan digunakan pada campuran beraspal berdasarkan spesifikasi gradasi agregat CPHMA hasil ekstrasi yang mengacu pada ketentuan Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal berikut ini:

Tabel 11. Variasi Komposisi Saringan Gradasi Pada Campuran CPHMA

No	Saringan	Agregat	Jumlah Sampel
1.	¾", ½", ¾", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, (PAN)	Normal	5
2.	¾", ½", ¾", #4, #8, #50, #200, (PAN)	Spek	5
3.	½" + #4 + #8	Kasar	5
	#50 + #200	Halus	
	Lolos 200 (PAN)	Filler	
4.	#4 + #8	Kasar	5
	#16 + #200	Halus	
	Lolos 200 (PAN)	Filler	
5.	¾", #8,	Kasar	5
	#200,	Halus	
	Lolos 200 (PAN)	Filler	

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian material dilakukan dengan acuan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2018 sebagai acuan. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut :

Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spec	
				Min	Max
A. Split Sorawolio					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,55	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,64	2,5	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,59	2,5	-
4 Absorsi	%	SNI 03-1970-1990	0,72	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,80	-	1
6 Abrasi Los Angeles	%	SNI 03-2417-1991	33,60	-	40
B. Medium Sorawolio					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,53	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,61	2,5	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,57	2,5	-
4 Absorsi	%	SNI 03-1970-1990	1,25	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,94	-	2
C. Abu Batu Sorawolio					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,91	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,99	2,5	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,95	2,5	-
4 Absorsi	%	SNI 03-1970-1990	0,98	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	5,72	-	10

Sumber : Hasil Analisa Data

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2018 untuk digunakan pada campuran aspal panas hampar dingin pada lapis permukaan. Hasil pemeriksaan fisik secara lengkap dapat lihat di Lampiran Tabel.

2. Mix Design Campuran Beraspal

a. Hasil Penggabungan Agregat

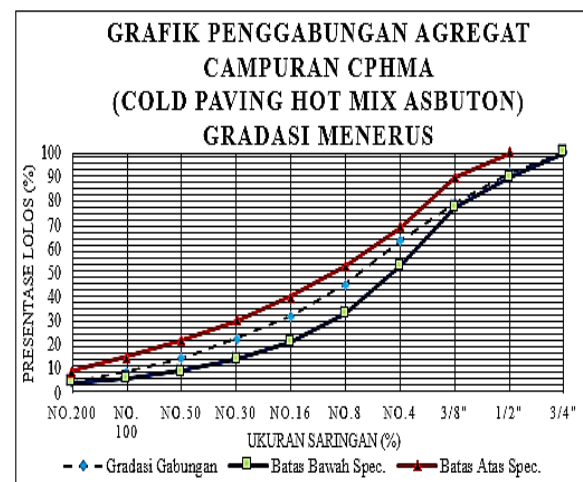
Pada penelitian ini jenis campuran aspal CPHMA untuk lapis permukaan menggunakan tiga perbandingan gradasi, yaitu gradasi menerus, gradasi senjang spek, dan gradasi senjang rencana. Gradasi tersebut digunakan sesuai dengan ketentuan umum Bina Marga Tahun 2018 untuk campuran CPHMA. Data yang diperlukan adalah hasil gradasi dari ketiga fraksi (Split, Medium dan Abu batu) yang berasal dari Sorawolio yang dilaksanakan sesuai SNI 03-1968-1990. Hasil penggabungan agregat dengan menggunakan gradasi menerus dapat dilihat pada Tabel 13 sebagai berikut :

Tabel 13. Hasil Penggabungan Agregat Gradasi Menerus

No. Saringan	Persen Lolos Saringan		Split Medium	Abu batu	Total Mix	Spec.
	ASTM mm	Split Medium				
3/4"	19.1	100	100	55.00	6.00	100.00
1/2"	12.7	91	91	50.19	35.59	91.78
3/8"	9.7	79	77	43.45	30.13	78.58
No.4	4.76	60	67	33.00	26.13	62.99
No.8	2.38	43	49	23.65	18.92	45.09
No.16	1.18	31	33	17.05	12.68	31.89
No.30	0.595	20	27	11.00	10.43	22.98
No.50	0.29	11	19	6.19	7.31	14.40
No.100	0.150	7	13	3.58	4.97	9.12
No.200	0.074	3	6	1.38	2.34	4.06

Sumber : Hasil Analisa Data

Tabel 13 Hasil penggabungan agregat di atas dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 6 sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Gabungan Agregat Campuran CPHMA Gradasi Menerus.

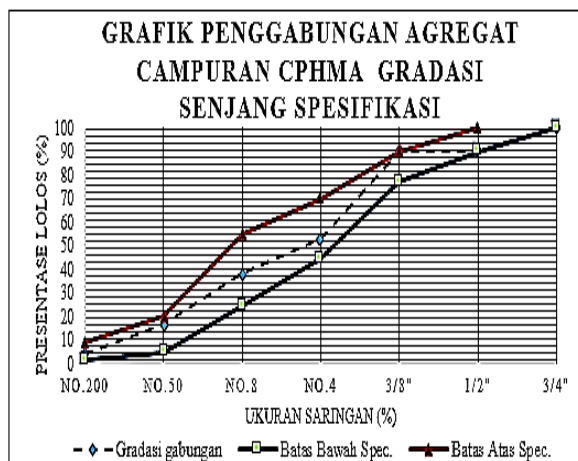
Adapun hasil penggabungan agregat dengan menggunakan gradasi senjang berdasarkan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 14. Hasil Penggabungan Agregat Gradasi Senjang Spesifikasi

No. Saringan	Persen Lolos Saringan		Split	Medium	Abu batu	Total Mix	Spec.	
	ASTM mm	Split Medium						
3/4"	19.1	100	100	55.00	39.00	6.00	100.00	100
1/2"	12.7	83	100	45.51	39.00	6.00	90.51	90 - 100
3/8"	9.7	83	100	45.51	39.00	6.00	90.51	-
No.4	4.76	39	67	21.45	26.13	5.66	53.24	45 - 70
No.8	2.38	27	49	14.85	18.92	4.32	38.09	25 - 55
No.50	0.29	12	19	6.60	7.41	2.70	16.71	5 - 20
No.200	0.074	3	5	1.79	1.95	0.56	4.29	2 - 9

Sumber : Hasil Analisa Data

Tabel 14 Hasil penggabungan agregat di atas dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 7 sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik Gabungan Agregat Campuran CPHMA Spesifikasi

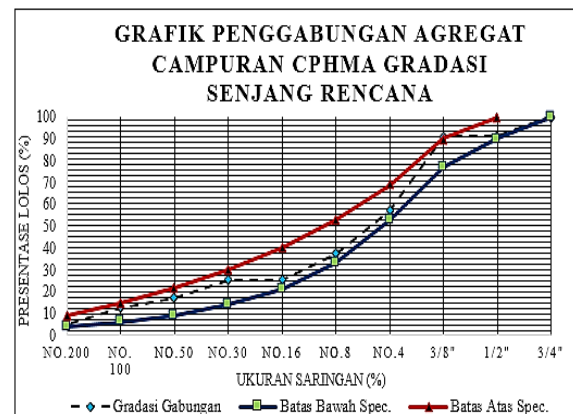
Adapun hasil penggabungan agregat dengan menggunakan gradasi senjang rencana berdasarkan spesifikasi Analisa Saringan Standar Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 15 sebagai berikut :

Tabel 15. Hasil Penggabungan Agregat Gradasi Senjang Rencana

No. Saringan	Persen Lolos Saringan		Split	Medium	Abu batu	Total Mix	Spec.		
	ASTM mm	Split Medium							
3/4"	19.1	100	100	55.00	39.00	6.00	100.00	100	
1/2"	12.7	84	100	46.06	39.00	6.00	91.06	90 - 100	
3/8"	9.7	84	100	46.06	39.00	5.90	90.96	77 - 90	
No.4	4.76	36	80	19.80	31.20	5.90	56.90	53 - 69	
No.8	2.38	24	49	13.20	19.01	5.09	37.30	33 - 53	
No.16	1.18	24	20	13.20	7.61	4.49	25.29	21 - 40	
No.30	0.595	24	20	13.20	7.61	4.49	25.29	14 - 30	
No.50	0.29	13	20	7.29	7.61	2.43	17.32	9 - 22	
No.100	0.150	13	8	40.50	7.29	3.22	2.43	12.94	6 - 15
No.200	0.074	6	4	11.25	3.03	1.46	0.68	5.16	4 - 9

Sumber : Hasil Analisa Data

Tabel 15 Hasil penggabungan agregat di atas dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Gabungan Agregat Campuran CPHMA Rencana

b. Penentuan Kadar Aspal Rencana

Dari hasil perhitungan berdasarkan tiga perbandingan gradasi dari hasil penggabungan agregat maka diperoleh nilai CA = 55 , nilai FA = 39 , nilai FF= 6, dengan Kadar Aspal Rencana = 7%, di peroleh dari perhitungan berdasarkan persamaan: $P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K$.

c. Hasil Penentuan Berat Jenis Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan merupakan berat jenis agregat diluar dari bahan aspal. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis agregat gabungan yaitu : berat jenis bulk agregat = 2,55 , berat jenis semu agregat = 2,64, berat jenis efektif = 2,59 , dan absorsi aspal terhadap total agregat = 0,72. Analisa perhitungan berat jenis agregat gabungan dapat dilihat secara lengkap pada lampiran 19.

3. Hasil Pengujian Marshall Test

Hasil pengujian ini untuk menentukan seberapa besar pengaruh gradasi terhadap karakteristik Marshall yaitu: Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB, MQ dan Density yang memenuhi syarat campuran CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton).

a. Hasil Pengujian Marshall Dengan Tiga Variasi Gradasi

Persyaratan yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Devisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2018. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall campuran beraspal CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton) dapat di lihat pada tabel 16 sebagai berikut :

Tabel 16. Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Tiga Variasi Gradasi

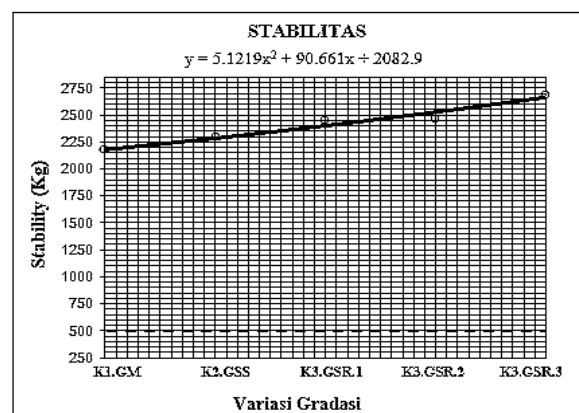
No	Karakteristik Campuran	Variasi Gradasi					Spek BM 2018	
		K1.GM	K2.GSS	K3.GS.1	K3.GS.2	K3.GS.3	Min	Max
1	Stabilitas (kg)	2167,75	2292,53	2443,36	2463,24	2689,35	500	-
2	Flow (mm)	3,11	3,12	3,21	3,38	3,65	3	5
3	VIM (%)	3,83	8,28	7,55	7,33	12,95	4	10
4	MQ (kg/mm)	698,84	735,74	768,82	732,10	758,11	-	-
5	VMA (%)	17,67	21,48	20,86	20,66	25,48	16	-
6	VFB (%)	78,48	61,51	63,89	65,98	49,28	60	-
7	Density (gr/cc)	2.256	2.151	2.168	2.174	2.042	-	-

Sumber : Hasil Analisa Data

b. Tinjauan Terhadap Nilai Stabilitas

Nilai Stabilitas menggambarkan kemampuan dari lapis perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan Stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

Tinjauan nilai Stabilitas pada campuran CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton) dengan 3 variasi gradasi diperlihatkan pada Gambar 9 berikut :



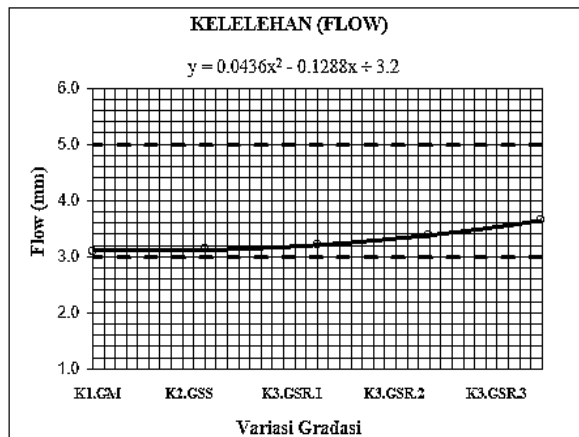
Gambar 9. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai Stabilitas

Dari Gambar 9 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai Stabilitas campuran CPHMA menunjukkan yaitu Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana nomor 3 (K3.GSR3) yang di peroleh nilai Stabilitas sebesar 2689,35 dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) dengan nilai Stabilitas sebesar 2167,75. Yang dimana nilai minimum untuk persyaratan Stabilitas yaitu 500 kg sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

c. Tinjauan Terhadap Nilai Kelelahan (Flow)

Kelelahan plastis menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan. Untuk campuran CPHMA, nilai Flow disyaratkan

minimum 3-5 mm. Berikut Grafik Hubungan Variasi gradasi dan Kelelehan Plastis (Flow) perlihatkan pada Gambar 10 berikut :

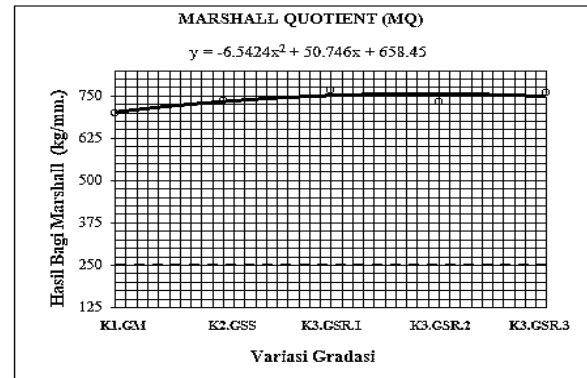


Gambar 10. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai Kelelehan (Flow)

Dari Gambar 10 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai Kelelehan (Flow) campuran CPHMA menunjukkan yaitu Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana nomor 3 (K3.GSR3) yang di peroleh nilai flow/kelelehan sebesar 3,65 mm dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) dengan nilai flow/kelelehan sebesar 3,11mm Yang dimana nilai untuk persyaratan yaitu 3-5 mm sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

d. Tinjauan Terhadap Nilai *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan perbandingan nilai stabilitas dan flow Tinjauan nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) dengan variasi gradasi, diperlihatkan pada Gambar 11 sebagai berikut:

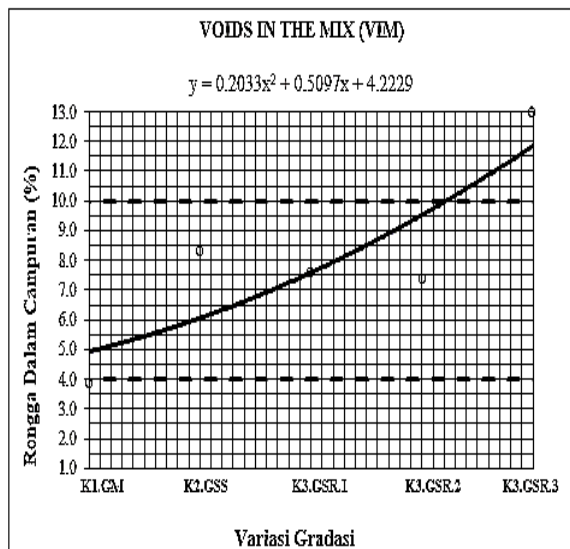


Gambar 11. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan *Marshall Quotient* (MQ)

Dari Gambar 11 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran CPHMA menunjukkan yaitu Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana nomor 1 (K3.GSR1) yang di peroleh nilai *Marshall Quotient* sebesar 768,82 kg/mm dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 698,84 kg/mm yang dimana nilai persyaratan yaitu 250 kg/ mm sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

e. Tinjauan Terhadap Nilai *Voids In The Mix* (VIM)

Voids In The Mix (VIM) merupakan volume total udara yang berada antara agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan. Tinjauan nilai VIM pada campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) dengan variasi gradasi, di perlihatkan pada Gambar 12 sebagai berikut :

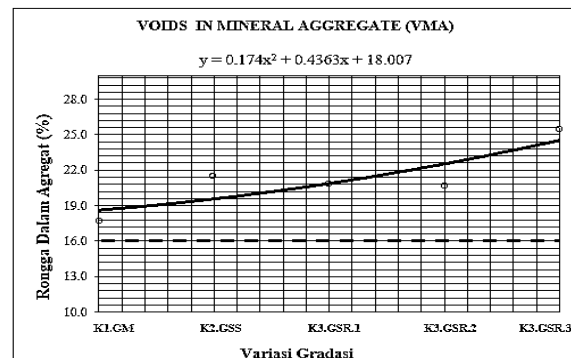


Gambar 12. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *VIM*

Dari Gambar 12 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *VIM* campuran CPHMA menunjukkan yaitu Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana nomor 3 (K3.GSR3) yang di peroleh nilai *VIM* sebesar 12,95 % yang melewati batas spek dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) dengan nilai *VIM* sebesar 3,83 % serta berada di bawah garis spek. Yang dimana nilai untuk persyaratan yaitu 4-10 % sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

f. Tinjauan Terhadap Nilai *Voids In Mineral Agregate (VMA)*

Voids In Mineral Agregate (VMA) merupakan rongga antara butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan. Tinjauan nilai *VMA* pada campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) dengan variasi gradasi, diperlihatkan pada Gambar 13 sebagai berikut :

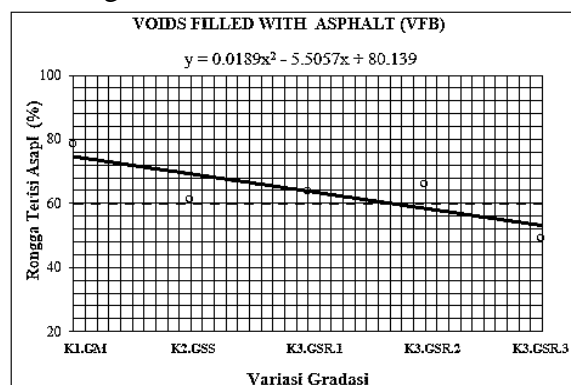


Gambar 13. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *VMA*

Dari Gambar 13 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *VMA* campuran CPHMA menunjukkan yaitu Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana nomor 3 (K3.GSR3) yang di peroleh nilai *VMA* sebesar 25,48 % dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) dengan nilai *VMA* sebesar 17,67 %. Yang dimana nilai untuk persyaratan yaitu 16 % sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

g. Tinjauan Terhadap Nilai *Voids Filled By Asphalt (VFB)*

Voids Filled By Asphalt (VFB) merupakan bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat yang terisi aspal. Tinjauan nilai *VFB* pada campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) dengan variasi gradasi diperlihatkan pada Gambar 14 sebagai berikut :

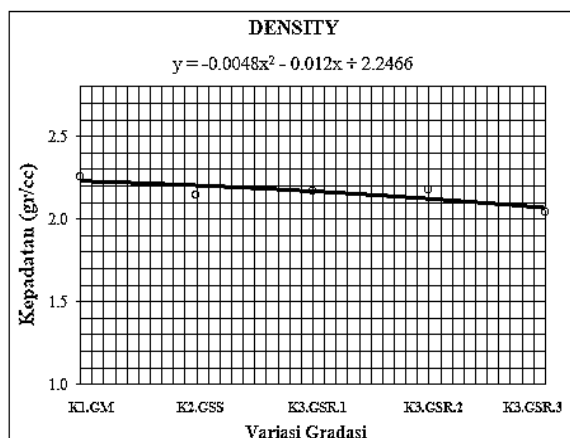


Gambar 14. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *VFB*

Dari Gambar 14 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai VFB campuran *CPHMA* menunjukkan yaitu pada Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) yang di peroleh nilai *VFB* sebesar 78,48 % dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana Nomor 3 (K3.GSR3) dengan nilai *VFB* sebesar 49,28 % serta berada di bawah garis spek. Yang dimana nilai untuk persyaratan yaitu 60 % sesuai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

h. Tinjauan Terhadap Nilai Kepadatan (*Density*)

Nilai *Density* menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi *Density* adalah temperatur pemadatan, gradasi, kadar *filler*, energi pematat, kadar aspal, dan *VMA*. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih tinggi, seperti pada gambar 15 berikut ini:



Gambar 15. Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *Density*

Dari Gambar 15 pada Grafik Hubungan Pengaruh Gradasi dengan Nilai *Density* pada campuran *CPHMA* menunjukkan yaitu pada Komposisi campuran dengan nilai tertinggi berada pada Komposisi ke 1 Gradasi Menerus (K1.GM) yang di peroleh nilai *Density* sebesar 2,256

gr/cc dan Komposisi campuran yang terendah berada pada Komposisi ke 3 Gradasi Senjang Rencana Nomor 3 (K3.GSR3) dengan nilai *Density* sebesar 2,042 gr/cc sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018.

E. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Marshall Test di laboratorium tentang “Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik *Marsahall* Pada Campuran *CPHMA*” dapat disimpulkan bahwa:

- Pengaruh variasi gradasi agregat terhadap karakteristik *marshall* pada campuran aspal *CPHMA* (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) cukup signifikan, hal ini di tandai dengan peningkatan nilai stabilitas.
- Gradasi yang paling baik untuk campuran *CPHMA* adalah gradasi menerus dan gradasi senjang rencana, karena mengacu pada penggunaan Analisa Saringan standart berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal.
- Pengaruh perbandingan Gradasi menerus, gradasi senjang spesifikasi dan gradasi senjang rencana pada campuran *CPHMA* terhadap *marshall* mengalami peningkatan pada nilai Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFB*, *MQ* dan *Density*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbariawan, R., Fadiansyah, R., Djakfar, L., Bowoputro, H., 2015, *Penggunaan Material Lokal Madura Terhadap Kinerja Campuran CPHMA*. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik.
- Adi Sparsa, I Nyoman Arya Thanaya, dan I Wayan Suweda., 2018, Analisis Perbandingan Karakteristik Campuran *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (*Cphma*) Yang Dipadatkan Secara Dingin Dan Panas. *Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas*

Udayana.

- Balitbang PU, 2016, <http://litbang.pu.go.id/litbang/product/asbuton-aspal-buton>
Diakses: 20 Juli 2016.
- British Standard, 2012, *Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt, Part 24: Resistance to fatigue*, BS EN 12697-24:2012.
- Ditjen Bina Marga, 2013, *Spesifikasi Khusus Interim Seksi 6.3 Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin CPHMA*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ditjen Bina Marga, 2015, *Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Cold Pavement Hot Mix Asbuton, CPHMA*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Ditjen Bina Marga, 2018, *Pedoman Pelaksanaan Kontruksi Jalan dan Jembatan*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Firstyan, F., Bagus, G., Djakfar, L., Bowoputro, H., 2015, *Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Kinerja Marshall pada campuran CPHMA menggunakan LGA dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70*, Malang: Universitas Brawijaya Fakultas Teknik.
- Menteri Pekerjaan Umum, 2006, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 35/Prt/M/2006 Tentang Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton Untuk Pemeliharaan Dan Pembangunan Jalan*.
- Syukur, A., 2016, *Studi Laboratorium Kuat Tarik Belah Campuran Asbuton Campur Panas Hampar Dingin*. Makassar: Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik.