

**KINERJA LABORATORIUM CAMPURAN LASTON LAPIS AUS-2 (AC-WC)  
DENGAN VARIASI GRADASI DAN *FILLER* MENGGUNAKAN BATUAN  
DARI DESA TANJUNGRATU KECAMATAN KETIBUNG  
KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG**

**Lilies Widodo<sup>1</sup>, Baheram<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Staf Pengajar, Universitas Bandar Lampung, mail : [labtekniksipil\\_lw@yahoo.co.id](mailto:labtekniksipil_lw@yahoo.co.id)*

<sup>2</sup>*Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Universitas Bandar Lampung,  
mail: [bram78\\_bram@yahoo.co.id](mailto:bram78_bram@yahoo.co.id)*

**ABSTRAK**

Lebih dari 90% campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* terdiri dari agregat. Karena itu maka sifat agregat sangat mempengaruhi kinerja campuran tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja laboratorium dari dua macam agregat campuran dengan pembagian butir atau sering disebut gradasi yang berbeda dengan menggunakan agregat dari Desa Tanjungratu Kecamatan Ketibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Gradasi campuran pertama terletak di atas kurva Fuller dan gradasi campuran kedua di bawah kurva Fuller dengan memotong kurva tersebut. Dengan demikian, agregat campuran pertama lebih halus daripada agregat campuran kedua. Masing-masing campuran menggunakan bahan pengisi (*filler*) abu batu dan semen portland. Penelitian yang dilakukan pada keempat macam campuran tersebut adalah kinerja stabilitas Marshall, Indeks Kekuatan Sisa (IKS), dan stabilitas dinamis.

Penelitian ini menunjukkan bahwa stabilitas Marshall tertinggi adalah campuran halus dengan *filler* semen, diikuti dengan campuran halus dengan *filler* abu batu, campuran kasar dengan *filler* semen, dan campuran kasar dengan *filler* abu batu. Sedangkan IKS tertinggi yaitu sebesar 93,07% pada campuran halus dengan *filler* semen, sedangkan campuran halus dengan *filler* abu batu, campuran kasar dengan *filler* abu batu, dan campuran kasar dengan *filler* semen menghasilkan nilai IKS kurang lebih sama. Stabilitas dinamis tertinggi yaitu sebesar 6300,0 lintasan/mm pada campuran halus dengan *filler* abu batu, diikuti dengan campuran halus dengan *filler* semen, campuran kasar dengan *filler* abu batu, dan yang terendah campuran kasar dengan *filler* semen.

Kata kunci : AC-WC, Campuran beragregat kasar dan halus, Stabilitas Marshall, Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Stabilitas Dinamis.

## **I. Pendahuluan**

### **I.1 Latar Belakang**

Salah satu jenis perkerasan aspal pada spesifikasi baru adalah Lapis Beton Aspal (Laston). Laston lebih tahan terhadap pelelehan plastis akan tetapi cukup peka terhadap retak. Tipe kerusakan umum yang dialami campuran Laston adalah retak dan atau pelepasan butir. Dengan dikembangkannya metode baru yaitu metode Kepadatan Mutlak

maka dicoba dilakukan pengujian ketahanan campuran beraspal terhadap retak akibat kelelahan yang dibuat dengan tipe aspal dan agregat yang sama tetapi berbeda gradasinya dan menggunakan *filler* dari abu batu dan semen portland.

Banyak sudah usaha-usaha untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal di lapangan dengan mencoba menggunakan variasi gradasi dan juga bermacam-macam bahan sebagai bahan pengisi campuran (*filler*).

Sejalan dengan pikiran tersebut, maka dalam hal ini dicoba meneliti tentang penggunaan 2 (dua) variasi gradasi yaitu gradasi di atas kurva Fuller dan gradasi di bawah kurva Fuller serta 2 (dua) macam *filler* yaitu abu batu dan semen portland dengan menggunakan agregat dari Desa Tanjungratu Kecamatan Ketibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung untuk meneliti kinerja stabilitas Marshall, Indeks Kekuatan Sisa (IKS), dan stabilitas dinamis.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Agregat

Berdasarkan besar ukuran ayakan agregat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. Agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan No. 8 atau 2,38 mm dan tertahan ayakan No. 200,
2. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan No. 8 atau 2,38 mm,
3. Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan No. 30 dimana persentase berat butir yang lolos ayakan No. 200 minimum 65%.

### II.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran.

### II.3 Semen

Menurut Krebs, R.D. dan Walker, R.D., (1971) definisi dari semen adalah produk yang didapatkan dengan membubukkan kerak besi yang terdiri dari material pokok, yaitu kalsium silikat hidrolik.

### II.4 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *hydrocarbon* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene*, dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. (Kreb, R.D. dan Walker, R.D., 1971).

### II.5 Karakteristik Beton Aspal

1. Stabilitas (*Stability*), adalah kemampuan

campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

2. Keawetan (*Durability*), keawetan campuran aspal menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan pengaruh buruk lingkungan dari lingkungan dan iklim (udara, air dan temperatur).
3. Kelenturan (*Flexibility*), adalah kemampuan campuran untuk mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu tanpa mengalami retak.
4. Ketahanan terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*), adalah kemampuan lapisan menahan lendutan berulang tersebut tanpa terlalu cepat mengalami retak.
5. Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*), Lapis permukaan dituntut untuk mempunyai kekesatan yang cukup penting dalam hal menjamin keselamatan pemakai jalan terutama pada kondisi basah.
6. Kecedapan (*Impermeability*), Air dan udara akan mempercepat proses penuaan aspal. Disamping itu air dapat menimbulkan efek pengelupasan film aspal dari permukaan agregat (*stripping*). Oleh sebab itu kekedapan lapis beraspal diperlukan semaksimal mungkin mencegah lolosnya air dan kontak langsung film aspal dengan udara.
7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*), tuntutan terhadap kemudahan pelaksanaan terutama menonjol pada proses penghamparan dan pemadatan. Campuran di laboratorium menunjukkan stabilitas tinggi bukan tidak mungkin di lapangan ternyata sulit dihampar dan dipadatkan.

### II.6 Lapis Beton Aspal Aus 2 (*AC-WC Asphalt Concrete-Wearing Course*)

*AC-WC* adalah merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan *AC-BC*. Disamping sebagai pendukung beban lalu lintas, lapisan ini mempunyai fungsi utama sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin (Bina Marga Dept. PU., 1987).

## II.7 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Ari Haidriansyah (2006) menguraikan hasil penyelidikan laboratorium terhadap empat campuran yang berbeda dari dua jenis gradasi campuran Laston Lapis Aus - 2 (AC-WC) menggunakan metode Kepadatan Mutlak. Setiap gradasi menggunakan 2 (dua) jenis *filler* yang berbeda yaitu *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1) dan *filler* semen (GAF2 dan GBF2).

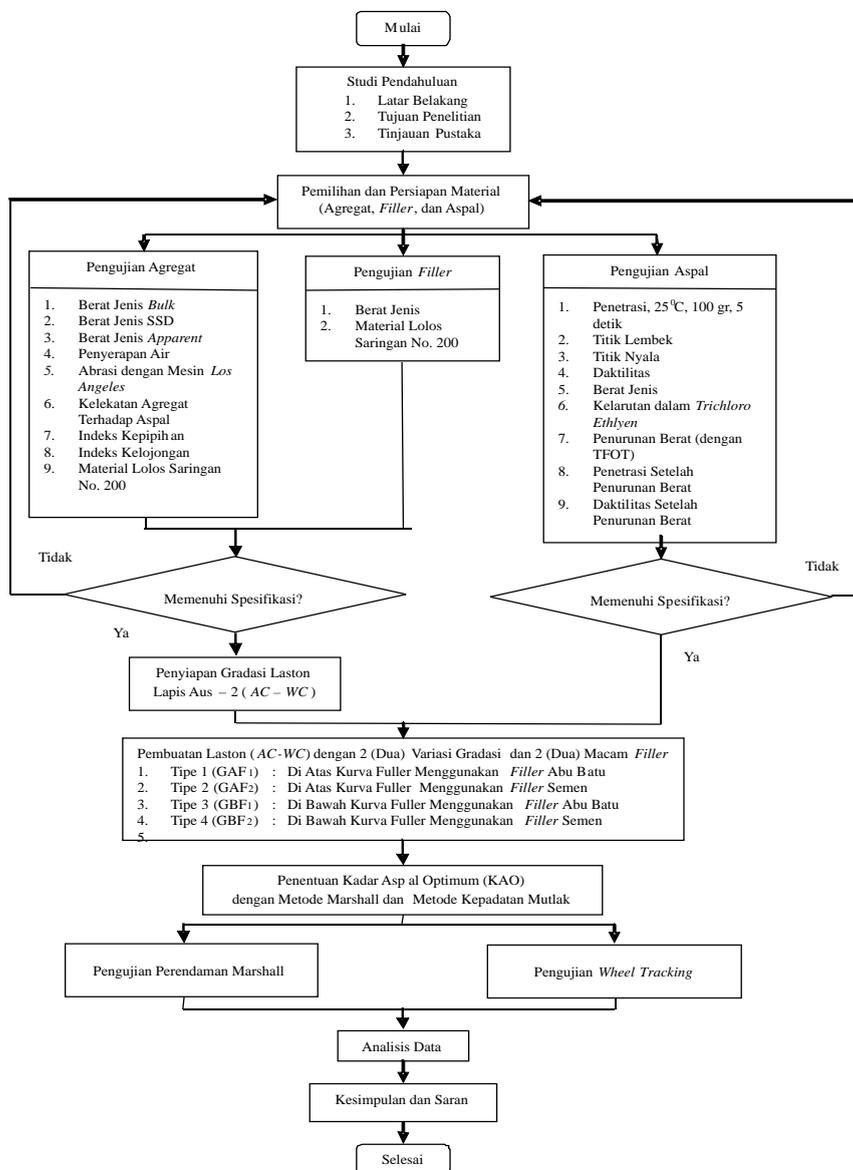
Berdasarkan hasil pengujian kelelahan, campuran GBF2 (gradasi di bawah kurva Fuller, *filler* semen) memberikan kinerja yang paling baik yaitu dengan umur kelelahan yang

paling panjang. Kemudian secara umum campuran yang memenuhi semua hasil pengujian (*Marshall Test*, *Marshall Immersion Test*, dan *Fatigue Test*) adalah campuran GBF2 (gradasi di bawah kurva Fuller, *filler* semen).

## III. Metodologi Penelitian

### III.1 Umum

Dalam penelitian ini, pengujian bahan bahan dilakukan dengan menggunakan prosedur SNI, AASHTO, ASTM, dan BS.



Gambar 3.1 Bagan Alir Kegiatan Penelitian

### III.2 Pengujian Material Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan No.8.

Tabel 3.1 Pengujian dan Persyaratan Agregat Kasar

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis kering ( <i>bulk</i> )	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Berat jenis kering permukaan (SSD)	AASHTO T-85 - 81	-
3.	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	AASHTO T-85 - 81	-
4.	Penyerapan air	SNI 1969-1989	Maks. 3%
5.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
6.	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Maks. 95%
7.	Indeks kepipihan	ASTM D-4791	Maks. 25%
8.	Indeks kelonjongan	ASTM D-4791	Maks. 10%
9.	Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

### III.3 Pengujian Material Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu dan harus disediakan dalam ukuran nominal maksimum 2,36 mm.

Tabel 3.2 Pengujian dan Persyaratan Agregat Halus

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis kering ( <i>bulk</i> )	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Berat jenis kering permukaan (SSD)	AASHTO T-85 - 81	-
3.	Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	AASHTO T-85 - 81	-
4.	Penyerapan air	SNI 1969-1989	Maks. 3%
5.	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
6.	Material lolos saringan No. 200	SNI-03-4428-1997	Maks. 8%

### III.4 Pengujian Material Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.

3.3 Pengujian dan Persyaratan Bahan Pengisi (*Filler*)

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Material lolos saringan No. 200	SNI M-02-1994-03	Min. 70%

### III.5 Pengujian Material Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 sesuai yang diisyaratkan dalam spesifikasi.

Tabel 3.4 Pengujian dan Persyaratan Aspal Pen. 60/70

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 <sup>o</sup> C, 100 gr, 5 detik ; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	69 - 79
2.	Titik lembek ; <sup>o</sup> C	SNI 06-2434-1991	48 - 58
3.	Titik nyala ; <sup>o</sup> C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4.	Daktilitas, 25 <sup>o</sup> C ; cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6.	Kelarutan dalam <i>Trichloro Ethylen</i> ; % berat	SNI 06-2438-1991	Min. 99
7.	Penurunan berat (dengan TFOT) ; % berat	SNI 06-2440-1991	Min. 0,8
8.	Penetrasi setelah penurunan berat ; % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9.	Daktilitas setelah penurunan berat ; % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50

### III.6 Penyiapan Gradasi Campuran

Penetapan gradasi yang akan digunakan dengan memperhatikan persyaratan gradasi dan target rongga udara yang akan dicapai. Penentuan proporsi pemakaian masing-masing fraksi agregat dilakukan dengan cara coba-coba dan dibandingkan hasilnya dengan gradasi yang diisyaratkan.

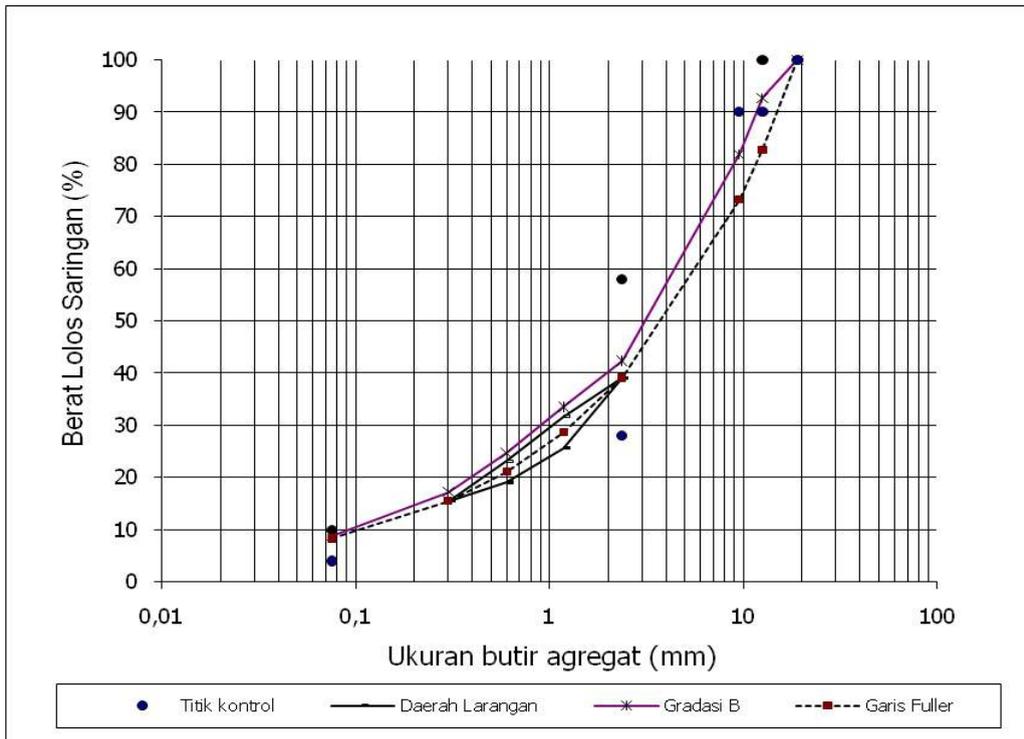
Bila garis gradasi agregat berada di atas kurva Fuller maka akan didapatkan gradasi halus dimana dengan jumlah fraksi agregat halus lebih besar dapat mengisi rongga antar agregat kasar. Sebaliknya gradasi kasar akan didapatkan bila gradasi terletak di bawah kurva Fuller.

Tabel 3.5 Prosentase Lolos Agregat Persaringan Untuk Gradasi Di Atas Kurva Fuller (GAF)

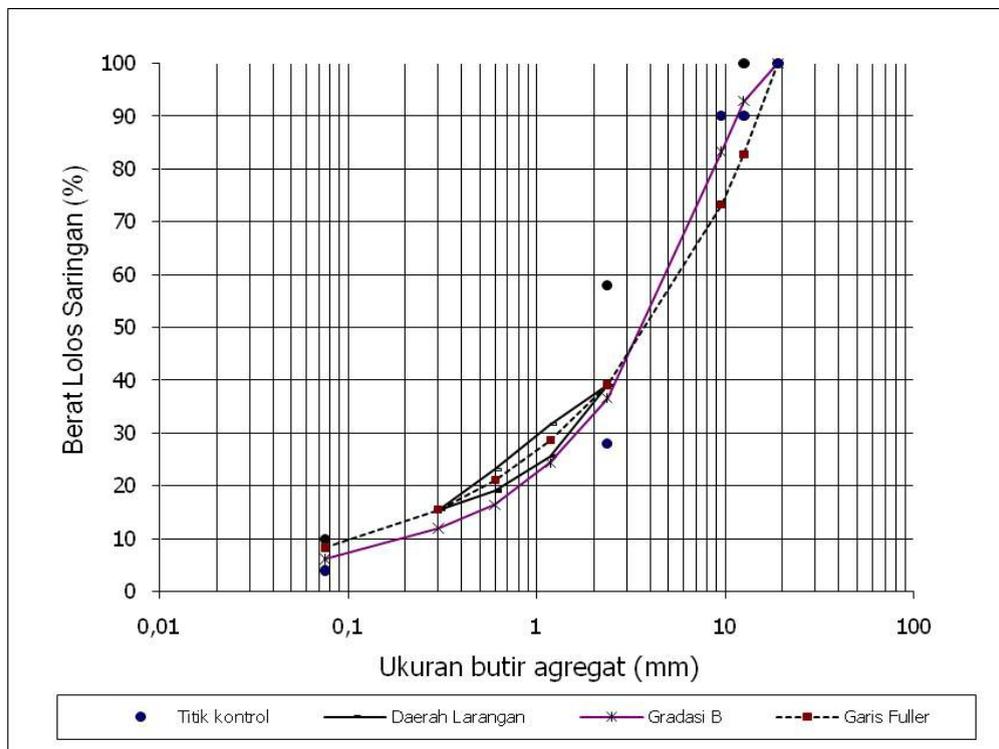
Ukuran Saringan		Gradasi Campuran Di Atas Kurva Fuller (GAF)		
ASTM	mm	% Lolos	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif
¾"	19,0	100	-	-
½"	12,5	92,61	7,39	7,39
⅜"	9,5	88,86	3,75	11,14
No. 4	4,75	64,65	24,21	35,35
No. 8	2,36	42,87	21,78	57,13
No. 16	1,18	33,37	9,55	66,68
No. 30	0,60	25,48	7,84	74,52
No. 50	0,30	18,79	6,69	81,21
N0. 200	0,075	7,93	10,86	92,07
Pan		0	7,93	100,00

Tabel 3.6 Prosentase Lolos Agregat Persaringan Untuk Gradasi Di Bawah Kurva Fuller (GBF)

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran Di Bawah Kurva Fuller (GBF)		
ASTM	mm	% Lolos	% Tertahan	% Tertahan Kumulatif
¾"	19,0	100	-	-
½"	12,5	91,47	8,53	8,53
⅜"	9,5	87,40	4,07	12,60
No. 4	4,75	62,62	24,78	37,38
No. 8	2,36	33,95	28,67	66,05
No. 16	1,18	23,48	10,47	76,52
No. 30	0,60	17,89	5,59	82,11
No. 50	0,30	12,33	5,56	87,67
N0. 200	0,075	5,87	6,46	94,13
Pan		0	5,87	100



Gambar 3.3 Gradasi Di Atas Kurva Fuller (GAF)



Gambar 3.4 Gradasi Di Bawah Kurva Fuller (GBF)

### III.7 Pengujian Marshall dan Kepadatan Mutlak

Analisa Marshall dan Kepadatan Mutlak digunakan untuk mengidentifikasi KAO, yaitu kadar aspal di dalam rentang yang memenuhi semua kriteria rancangan sempurna. Pengujian standar terhadap benda uji disiapkan sesuai dengan prosedur yang ditentukan dalam SNI 06-2489-1991. Pada pengujian dengan alat Marshall, tiga benda uji untuk masing-masing kadar aspal disiapkan pada lima kadar aspal, yaitu -1,0%, -0,5%, Pb% (perkiraan KAO), +0,5%, dan +1% terhadap berat total campuran.

Pemadatan untuk kondisi lalu lintas berat, dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali dengan menggunakan penumbuk Marshall. Setelah grafik hubungan antara karakteristik Marshall (stabilitas, kelelahan, hasil bagi Marshall (MQ), VIM, VMA, dan VFA) dengan kadar aspal diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan kadar aspal untuk pembuatan benda uji PRD. Kadar aspal yang digunakan untuk benda uji PRD ini adalah kadar aspal yang memberikan nilai VIM Marshall 6% dan 0,5% di atas dan di bawah benda uji kadar aspal tersebut. Benda uji kemudian dipadatkan dalam cetakan (*mold*), dengan pemadat getar (BS 598 Part 104, 1989), atau dengan pemadat Marshall sebanyak 400 tumbukan untuk masing-masing sisi pada cetakan 102 mm (4 inchi). Hasil pengujian VIM Refusal kemudian disatukan dengan grafik hubungan antara VIM Marshall dengan kadar aspal. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan KAO yang memenuhi semua kriteria campuran.

### III.8 Pengujian Perendaman Marshall (*Marshall Immersion*)

Pengujian ini diharapkan dapat memberikan indikasi akan kerentanan (*susceptibility*) campuran terhadap pengaruh suhu, cuaca, dan air. Pada pengujian ini dibuat dua benda uji untuk tiap tipe campuran. Satu benda uji pertama direndam dalam air pada suhu 60°C selama 24 jam dan lakukan pengujian Marshall, kemudian sisa benda uji dilakukan pengujian Marshall standar. Perbandingan nilai stabilitas rendaman dengan stabilitas standar tersebut adalah nilai Indeks Kekuatan Sisa (*Marshall Index of Retained Strength*) yang dinyatakan dalam persen.

### III.9 Pengujian *Wheel Tracking*

Pengujian ini diharapkan memberikan informasi mengenai ketahanan dari suatu campuran perkerasan terhadap deformasi permanen atau alur. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji *wheel tracking machine* (*WTM*). Pelaksanaan pengujian dilaksanakan pada suhu 60°C dengan memberikan tekanan permukaan sebesar  $6,4 \pm 0,15 \text{ kg/cm}^2$  yang setara dengan beban sumbu tunggal roda 8,16 ton sebanyak 1260 siklus dalam 1 jam pada 21 siklus (42 lintasan permenit). Dari pengujian didapatkan grafik hubungan waktu dan deformasi serta nilai stabilitas dinamis (DS) & laju deformasi (RD).

## IV. Penyajian Data dan Analisis

### IV.1 Penyajian Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Agregat

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan	Hasil Pengujian	Satuan	Keterangan
<b>Agregat Kasar</b>						
1.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,592</b>	-	-
2.	Berat Jenis <i>SSD</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,637</b>	-	-
3.	Berat Jenis <i>Apparent</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,713</b>	-	-

4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989	d 3%	<b>1,709</b>	%	<b>Memenuhi</b>
5.	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	d 40%	<b>11,75</b>	%	<b>Memenuhi</b>
6.	Indeks Kepipihan	ASTM D-4791	d 25%	<b>16,33</b>	%	<b>Memenuhi</b>
7.	Indeks Kelonjongan	ASTM D-4791	d 10%	<b>7,75</b>	%	<b>Memenuhi</b>
8.	Material Lolos Saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	d 1%	<b>0,28</b>	%	<b>Memenuhi</b>
<b>Agregat Halus</b>						
1.	Berat Jenis <i>Bulk</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,588</b>	-	-
2.	Berat jenis <i>SSD</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,635</b>	-	-
3.	Berat jenis <i>Apparent</i>	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,717</b>	-	-
4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989	d 3%	<b>1,843</b>	%	<b>Memenuhi</b>
5.	Material Lolos Saringan No. 200	SNI-03-4428-1997	d 8%	<b>2,36</b>	%	<b>Memenuhi</b>

Agregat secara umum mempunyai nilai abrasi (keausan) yang cukup kecil yaitu sebesar 11,75% sehingga agregat ini tidak mudah hancur atau pecah dan akan menghasilkan lapisan yang kuat. Namun nilai berat jenis-nya cukup besar sehingga agregat tersebut akan menyerap aspal yang besar dan tidak ekonomis. Kemudian nilai indeks kepipihan dan kelonjongan cukup besar pula yaitu 16,33% dan 7,25%, sehingga bentuk agregat yang dihasilkan terlalu pipih dan

lonjong dan hal tersebut kurang disukai dalam struktur perkerasan jalan karena sifatnya mudah patah dan dapat mempengaruhi gradasi agregat dan *interlocking* antar agregat. Secara keseluruhan pengujian terhadap sifat-sifat fisik agregat kasar dan halus yang berasal Desa Tanjungratu Kecamatan Ketibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung telah memenuhi standar spesifikasi SNI, AASHTO, dan ASTM.

#### IV.2 Penyajian Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Sifat Fisik *Filler*

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Bahan Pengisi (*Filler*)

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan	Hasil Pengujian	Satuan	Keterangan
<b>Abu Batu</b>						
1.	Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,540</b>	-	-
2.	Material Lolos Saringan No. 200	SNI 02-1994-03	e 70%	<b>97,50</b>	%	<b>Memenuhi</b>
<b>Semen Portland</b>						
1.	Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	-	<b>2,549</b>	-	-
2.	Material Lolos Saringan No. 200	SNI 02-1994-03	e 70%	<b>96,03</b>	%	<b>Memenuhi</b>

Secara keseluruhan pengujian terhadap sifat-sifat fisik bahan pengisi (*filler*) abu batu yang berasal Desa Tanjungratu Kecamatan Ketibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung dan semen portland telah memenuhi standar spesifikasi SNI maupun AASHTO.

### IV.3 Penyajian Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Aspal Shell Pen. 60/70

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan	Hasil Pengujian	Satuan	Keterangan
1.	Penetrasi pada 25°C, 100 gr, 5 dt	SNI 06-2456-1991	69 – 79	<b>69</b>	dmm	<b>Memenuhi</b>
2.	Viskositas pada 135°C	SNI 06-6441-2000	≥ 385	<b>410</b>	cSt	<b>Memenuhi</b>
3.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 48	<b>48,4</b>	°C	<b>Memenuhi</b>
4.	Indeks penetrasi	-	≥ -1,0	<b>- 0,8369</b>	-	<b>Memenuhi</b>
5.	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit	SNI 06-2432-1991	≥ 100	<b>140</b>	Cm	<b>Memenuhi</b>
6.	Titik Nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	≥ 232	<b>326</b>	°C	<b>Memenuhi</b>
7.	Kelarutan dalam $C_2HCl_3$	SNI 06-2438-1991	≥ 99	<b>99,7869</b>	%	<b>Memenuhi</b>
8.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0	<b>1,0229</b>	-	<b>Memenuhi</b>
9.	Kehilangan Berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	<b>0,0165</b>	%	<b>Memenuhi</b>
10.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2456-1991	≥ 54	<b>76,8</b>	%	<b>Memenuhi</b>
11.	Titik lembek setelah TFOT	SNI 06-2434-1991	-	<b>51,3</b>	°C	-
12.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 06-2432-1991	≥ 50	<b>140</b>	Cm	<b>Memenuhi</b>
13.	Indeks Penetrasi setelah TFOT	-	≥ -1,0	<b>- 0,7439</b>	-	<b>Memenuhi</b>
14.	Perkiraan suhu pencampuran	AASHTO-27-1990	-	<b>154 – 160</b>	°C	-
15.	Perkiraan suhu pematatan	AASHTO-27-1990	-	<b>142 – 148</b>	°C	-
16.	Kehilangan berat dengan RTFOT	SNI 03-6835-2002	≤ 0,8	<b>0,3069</b>	%	<b>Memenuhi</b>
17.	Penetrasi setelah RTFOT	SNI 06-2456-1991	≥ 54	<b>75,36</b>	%	<b>Memenuhi</b>
18.	Titik lembek setelah RTFOT	SNI 06-2434-1991	-	<b>53,5</b>	°C	-
19.	Daktilitas setelah RTFOT	SNI 06-2432-1991	≥ 50	<b>140</b>	Cm	<b>Memenuhi</b>
20.	Indeks Penetrasi setelah RTFOT	-	≥ -1,0	<b>- 0,2680</b>	-	<b>Memenuhi</b>

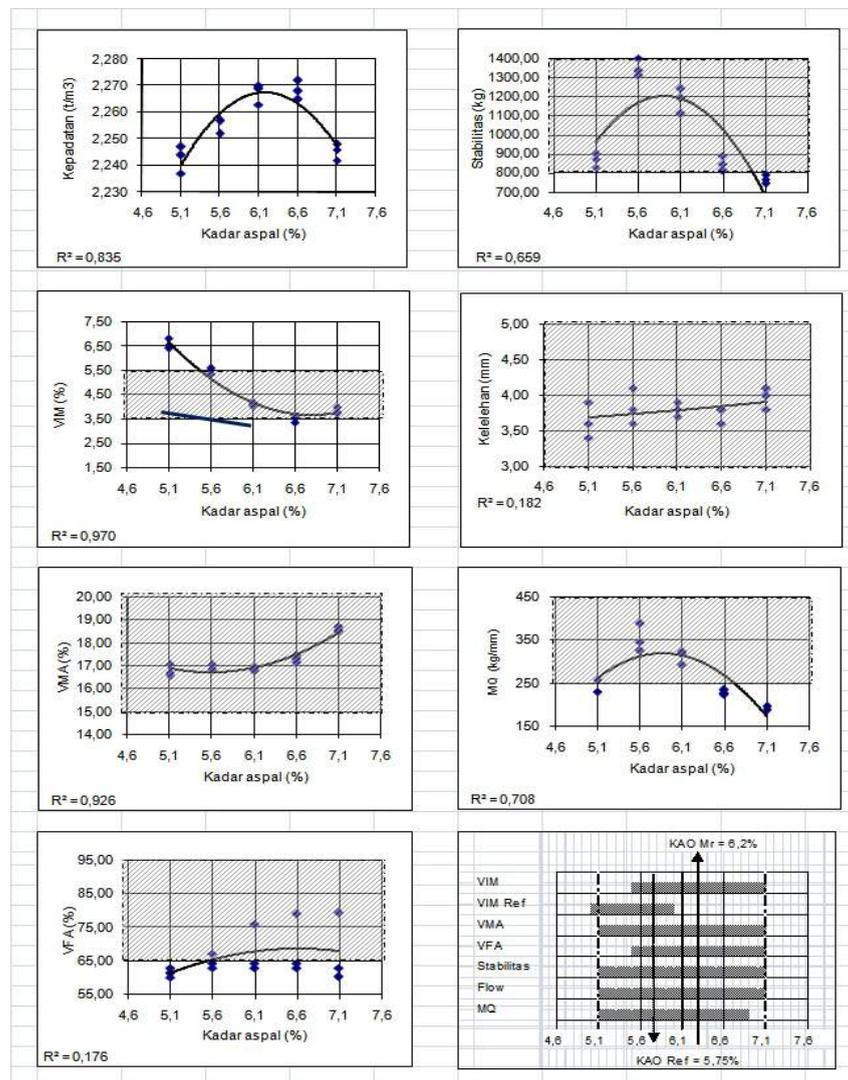
Secara keseluruhan pengujian terhadap sifat-sifat fisik aspal Shell pentrasi 60/70 telah memenuhi standar spesifikasi SNI maupun AASHTO aspal penetrasi 60/70.

#### IV.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Marshall dan Kepadatan Mutlak

Tipe campuran yang digunakan berdasarkan jenis gradasi dan *filler* adalah sbb :

1. Tipe 1 (GAF1) Gradasi di atas kurva Fuller, *filler* abu batu,
2. Tipe 2 (GAF2) Gradasi di atas kurva Fuller, *filler* semen portland,
3. Tipe 3 (GBF1) Gradasi di bawah kurva Fuller, *filler* abu batu,
4. Tipe 4 (GBF2) Gradasi di bawah kurva Fuller, *filler* semen portland.

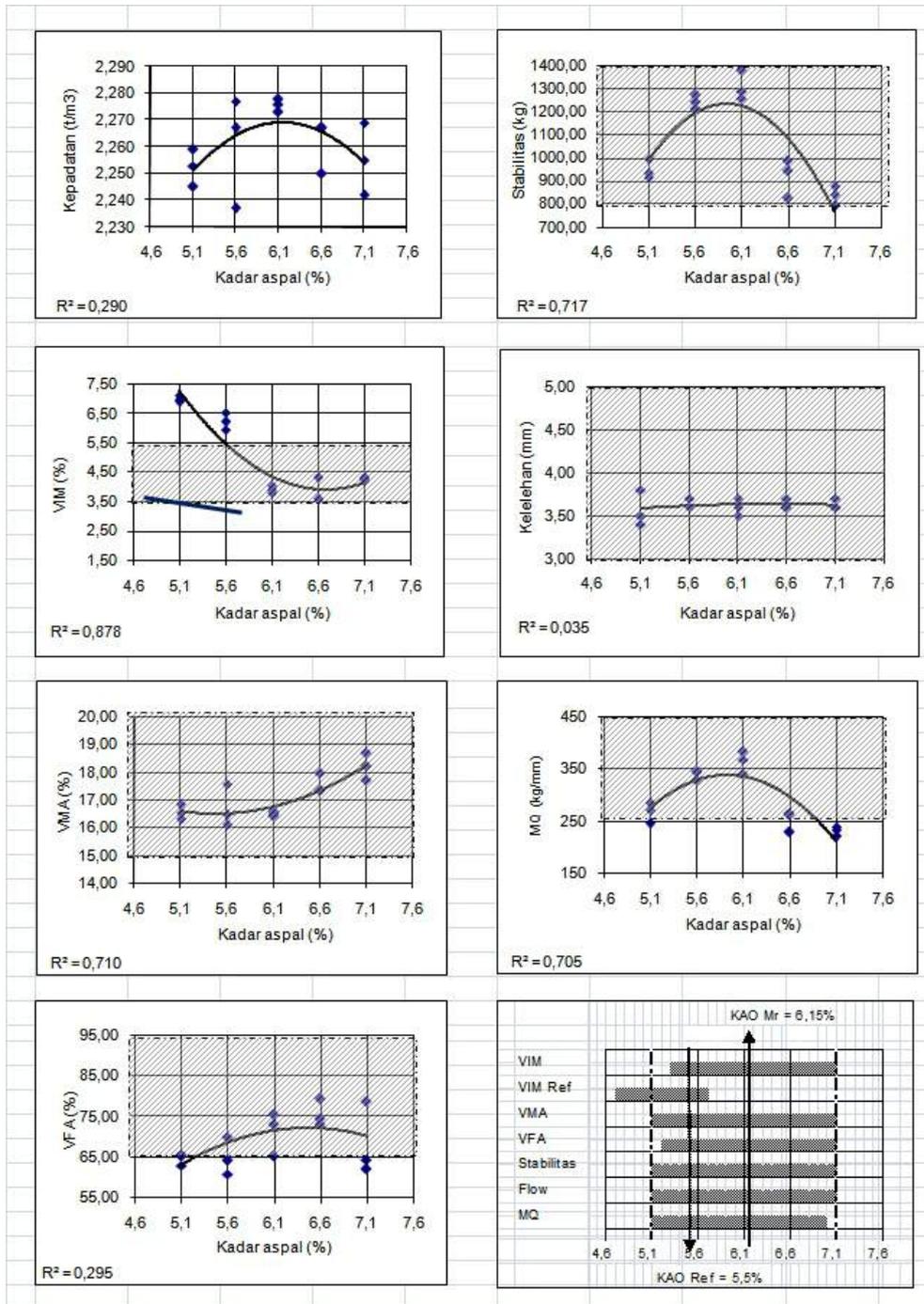
#### IV.5 Penyajian Data Hasil Pengujian Marshall dan Kepadatan Mutlak Campuran Tipe 1 (GAF1)



Gambar 4.1 Hasil Pengujian Campuran Tipe 1 (GAF1)

Dari Gambar 4.1 di atas didapatkan Nilai KAO untuk Campuran Tipe 1 (GAF1) yaitu KAOMr = 6,20% dan KAORef = 5,75%.

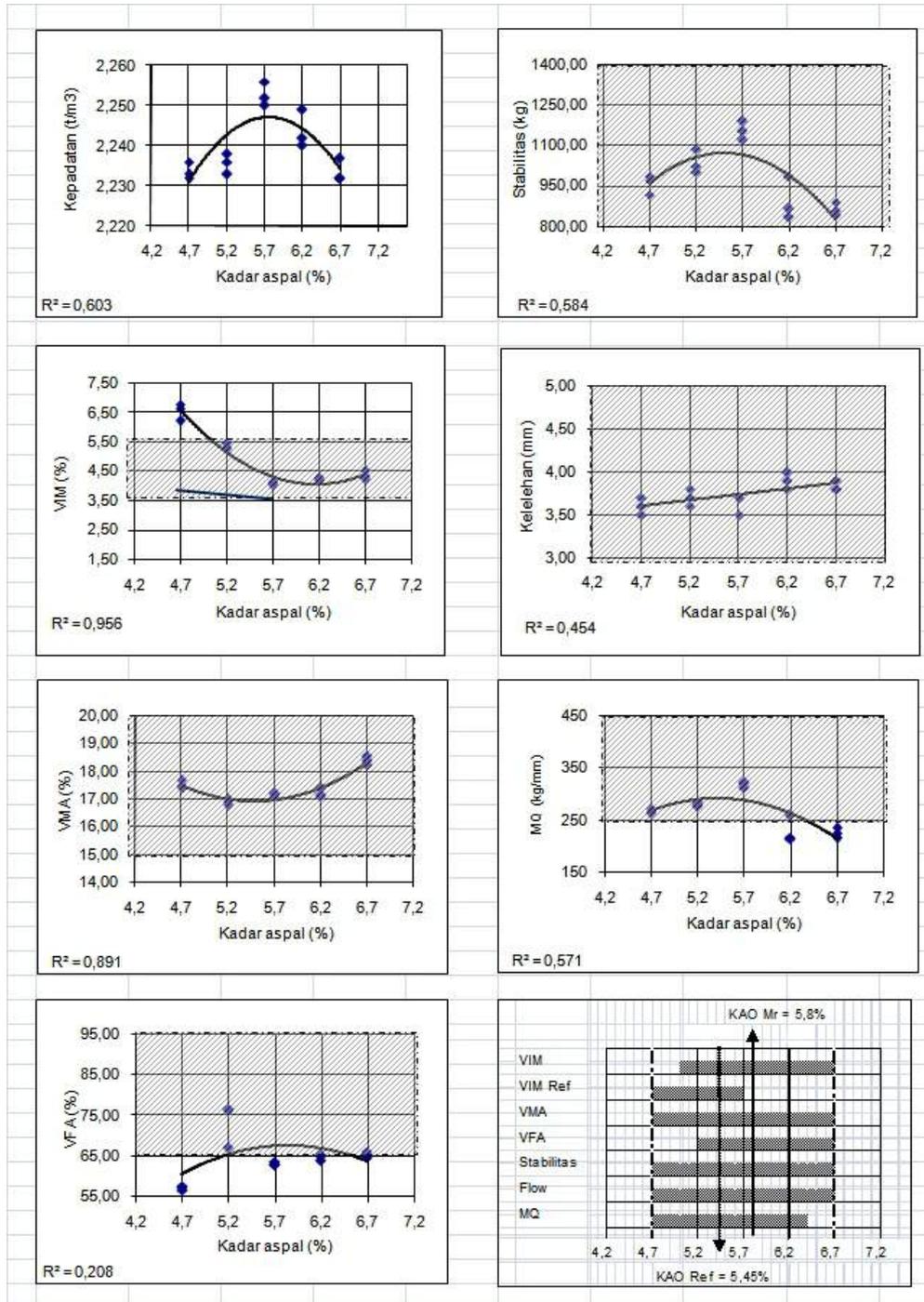
#### IV.6 Penyajian Data Hasil Pengujian Marshall dan Kepadatan Mutlak Campuran Tipe 2 (GAF2)



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Campuran Tipe 2 (GAF2)

Dari Gambar 4.2 di atas didapatkan Nilai KAO untuk Campuran Tipe 2 (GAF2) yaitu  $KAOMr = 6,15\%$  dan  $KAOREf = 5,50\%$ .

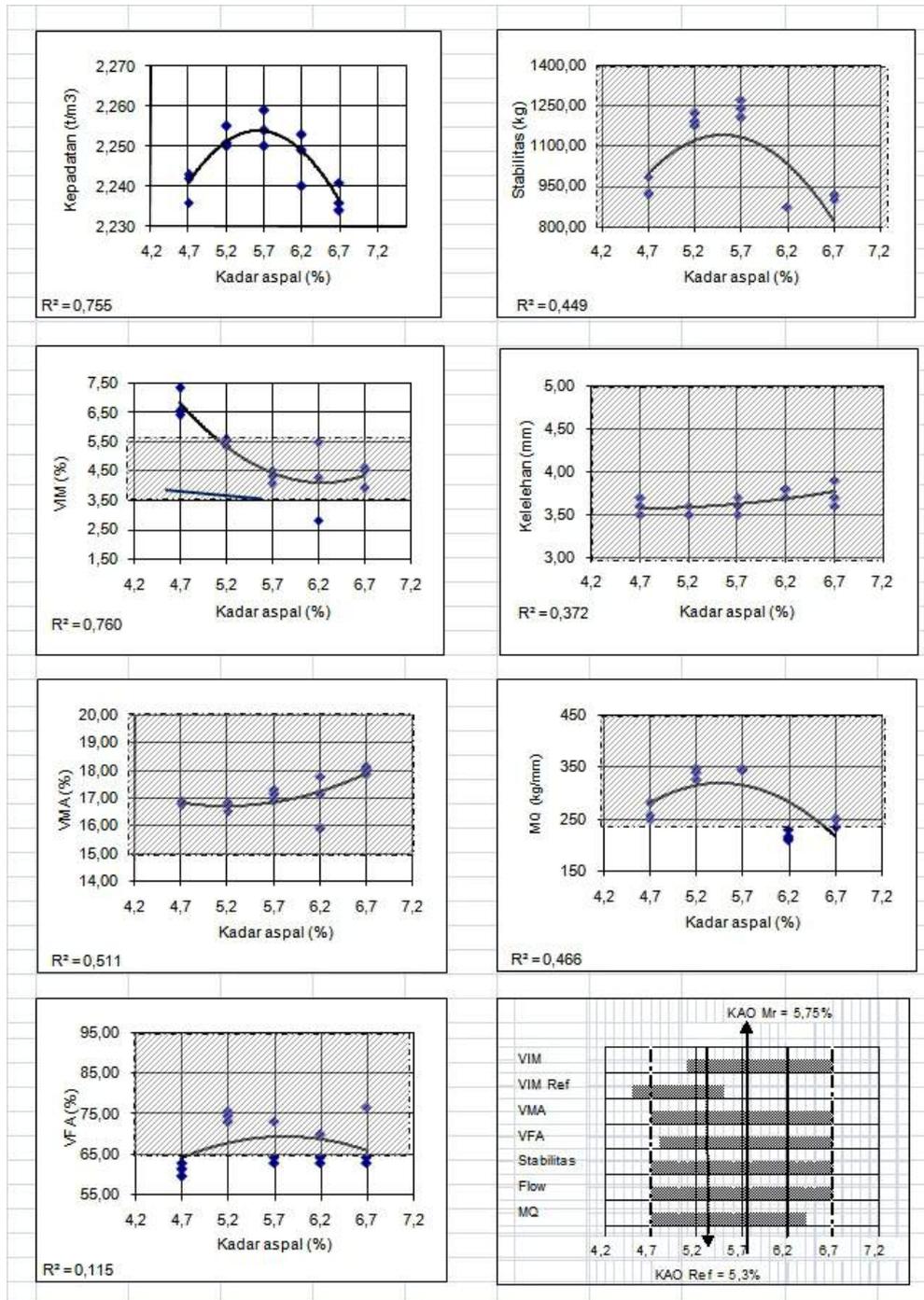
#### IV.7 Penyajian Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Marshall Campuran Tipe 3 (GBF1)



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Campuran Tipe 3 (GBF1)

Dari Gambar 4.3 di atas didapatkan Nilai KAO untuk Campuran Tipe 3 (GBF1) yaitu  $KAOMr = 5,80\%$  dan  $KAOREf = 5,45\%$ .

#### IV.8 Penyajian Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Marshall Campuran Tipe 4 (GBF2)

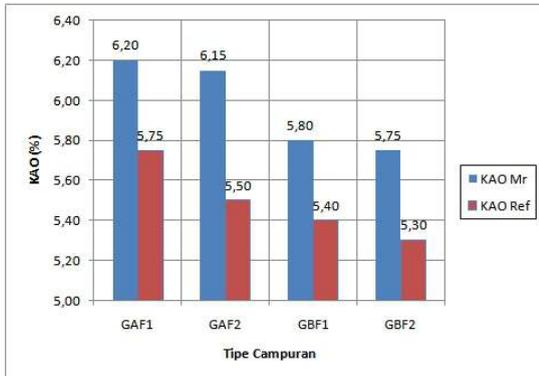


Gambar 4.4 Hasil Pengujian Campuran Tipe 4 (GBF2)

Dari Gambar 4.4 di atas didapatkan Nilai KAO untuk Campuran Tipe 4 (GBF2) yaitu  $KAOMr = 5,75\%$  dan  $KAORef = 5,30\%$ .

#### IV.9 Pembahasan Hasil Pengujian Marshall Dari Seluruh Tipe Campuran

Pada GAF1 penurunan KAO akibat kepadatan mutlak adalah sebesar 0,45%, untuk GAF2 sebesar 0,65%, untuk GBF1 sebesar 0,40%, dan untuk GBF2 sebesar 0,45%.



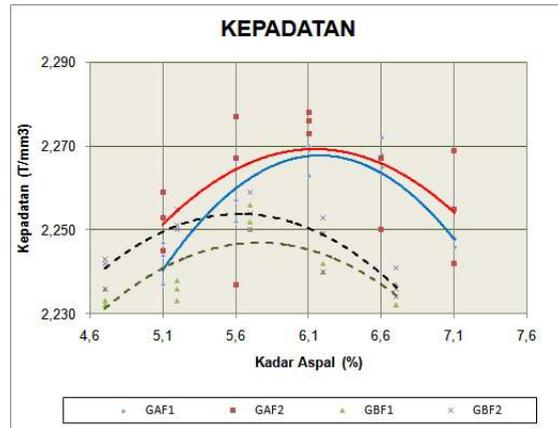
Gambar 4.5 Perbandingan Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran

Campuran yang menggunakan *filler* semen, penurunan KAO akibat kepadatan mutlak lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan *filler* semen lebih padat dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu.

Nilai KAO yang lebih kecil dari campuran yang menggunakan *filler* semen dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu berkaitan dengan sifat fisik dan berat jenis. Tingkat kepadatan yang lebih tinggi dari campuran *filler* semen disebabkan oleh ukuran butiran semen yang sangat halus. Dengan demikian, campuran yang menggunakan semen sebagai *filler* membutuhkan aspal lebih sedikit karena adanya batasan volume rongga dan lebih ekonomis.

#### IV.10 Kepadatan (Density)

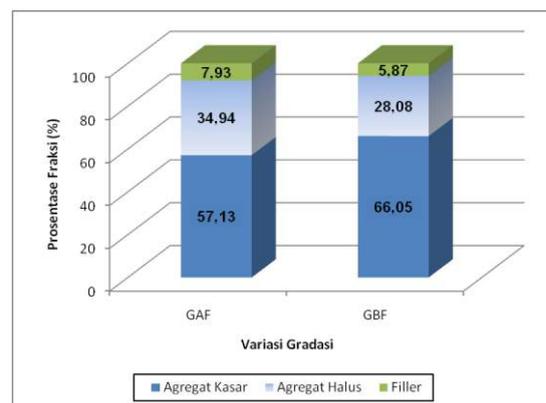
Pada GAF1 diperoleh nilai kepadatan maksimum pada kadar aspal 6,2%, GAF2 pada kadar aspal 6,1%, GBF1 pada kadar aspal 5,8%, dan GBF2 pada kadar aspal 5,6%. Kemudian pada kadar aspal yang sama, GAF2 mempunyai nilai kepadatan yang paling baik.



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Kepadatan Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa GAF mempunyai nilai kepadatan yang lebih besar dibandingkan dengan GBF dikarenakan pada GAF1 dan GAF2 mempunyai gradasi yang lebih rapat dan halus jika dibandingkan dengan campuran GBF1 dan GBF2 mengakibatkan volume rongga yang ada dalam GAF lebih kecil dibandingkan dengan volume rongga yang ada dalam GBF.

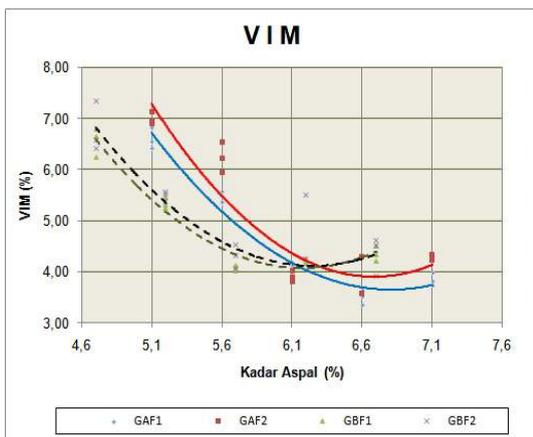
Untuk GAF, komposisi agregat kasar, halus, dan *filler* adalah : 57,13%, 34,94%, dan 7,93%, sedangkan untuk campuran GBF adalah 66,05%, 28,08%, dan 5,87%. Diagram proporsi fraksi agregat pada masing-masing campuran diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Proporsi Fraksi Agregat Pada Masing-Masing Campuran

Campuran yang menggunakan *filler* semen (GAF2 dan GBF2) mempunyai nilai kepadatan yang lebih besar dibanding dengan yang menggunakan *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1). Tingginya kepadatan pada campuran yang menggunakan *filler* semen jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu dipengaruhi oleh komposisi fraksi agregat di dalam gradasinya. Jika ditinjau dari ukuran partikel, *filler* semen ini lebih halus jika dibandingkan dengan *filler* abu batu. Keadaan yang lebih dominan yang terjadi dalam campuran dikarenakan ukuran butir *filler* semen ini lebih kecil sehingga *filler* semen ini mampu mengisi rongga-rongga dalam campuran sampai kepada rongga-rongga yang terkecil yang menyebabkan campuran yang menggunakan semen sebagai *filler* menjadi lebih padat.

#### IV.11 VIM (Voids In The Mix)



Gambar 4.8 Perbandingan Nilai VIM Terhadap Perubahan Kadar Aspal

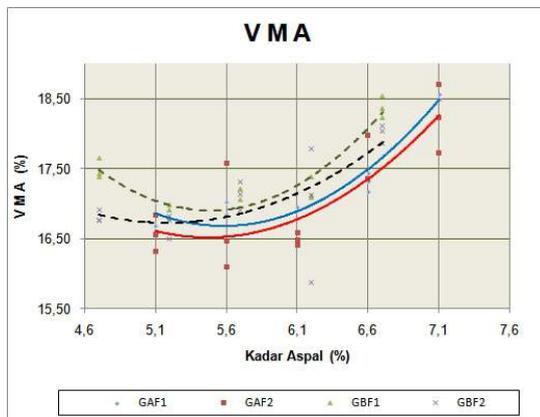
Dari Gambar 4.8 terlihat bahwa GBF1 dan GBF2 yang mempunyai gradasi yang lebih kasar dibandingkan GAF1 dan GAF2 memberikan nilai VIM yang lebih kecil. Hal ini disebabkan campuran yang bermatrik kasar mempunyai sifat lebih sulit dipadatkan daripada campuran yang bermatrik lebih halus. Jadi dalam hal ini kurangnya kepekaan GBF terhadap pemadatan disebabkan campuran GBF lebih sulit dipadatkan daripada GAF atau dengan kata lain GBF mempunyai kemampuan untuk dipadatkan (kompresibilitas) lebih rendah daripada GAF. Kemudian dari Gambar 4.8 juga terlihat pada kadar aspal yang sama, campuran yang menggunakan *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1) mempunyai nilai VIM yang lebih kecil dibandingkan campuran yang menggunakan *filler* semen (GAF2 dan GBF2). Hal ini disebabkan bahwa campuran yang menggunakan *filler* abu batu mempunyai rongga lebih besar rongga untuk ekspansi aspal akibat pemadatan dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* semen. Pengaruh variasi gradasi dan penggunaan semen sebagai *filler* juga berpengaruh pada kepadatan mutlak campuran. Kepadatan Mutlak sebagai simulasi dari pemadatan lanjutan oleh lalu lintas ditunjukkan dengan berubahnya nilai rongga dalam campuran. VIM pada pemadatan standar (Marshall 2 x 75 tumbukan) akan berkurang nilainya akibat pemadatan refusal (pemadatan dengan alat getar listrik setara Marshall 2 x 400 tumbukan).

Tabel 4.8 Perbandingan Persentase Penurunan VIM

Kadar Aspal	4,7	5,1	5,2	5,6	5,7	6,1	Rata-Rata
Penurunan Campuran GAF1		43,40		39,89		32,85	38,71
Penurunan Campuran GAF2		44,49		46,87		25,13	38,83
Penurunan Campuran GBF1	39,39		36,14		31,86		35,80
Penurunan Campuran GBF2	44,46		40,26		35,35		40,02

Untuk GBF2 penurunan yang terjadi adalah yang paling besar yaitu sebesar rata-rata 40,02%, lalu GAF1 sebesar rata-rata 38,71%, kemudian GAF2 sebesar rata-rata 38,83%, dan GBF1 sebesar rata-rata 35,80%. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa n GBF yang bermatrik kasar tingkat penurunan rata-rata nilai VIM relatif lebih besar jika dibandingkan dengan tingkat penurunan rata-rata nilai VIM yang terjadi pada GAF. Hal ini disebabkan jumlah rongga yang tersedia dalam GBF lebih besar daripada GAF sehingga GBF akan lebih peka terhadap pemadatan tambahan. Kemudian pada campuran yang menggunakan semen sebagai *filler* (GAF2 dan GBF2), penurunan nilai VIM lebih besar daripada *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1). Dengan demikian gradasi yang memakai *filler* semen akan cenderung rapuh, mempunyai kecenderungan retak secara dini, dan kemungkinan terjadi pengelupasan partikel.

#### IV.12 VMA (Voids In The Mineral Aggregate)

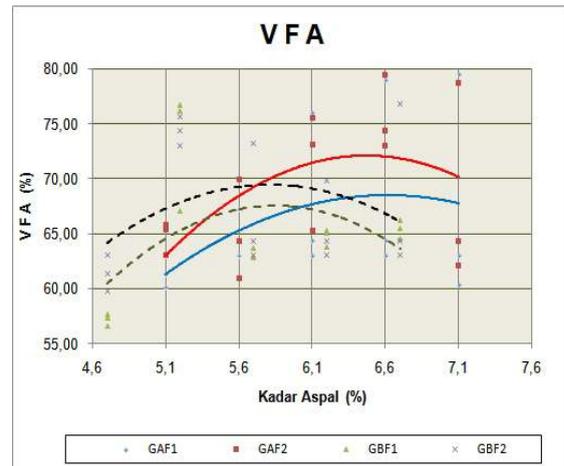


Gambar 4.10 Perbandingan Nilai VMA Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Perbandingan nilai VMA antara GAF dan GBF terhadap perubahan kadar aspal yang disajikan pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa campuran GAF dengan kepadatan yang lebih tinggi daripada GBF akan memberikan nilai VMA yang konsisten lebih kecil. Hal ini disebabkan karena GAF memiliki gradasi yang lebih halus sehingga campuran GAF gradasinya lebih rapat daripada GBF. Pada

campuran yang menggunakan *filler* semen (GAF2 dan GBF2), nilai VMA lebih kecil dibandingkan campuran yang menggunakan *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1), sehingga KAO campuran yang menggunakan *filler* semen lebih kecil dikarenakan ruang yang tersedia untuk aspal lebih kecil dibandingkan campuran yang menggunakan *filler* abu batu.

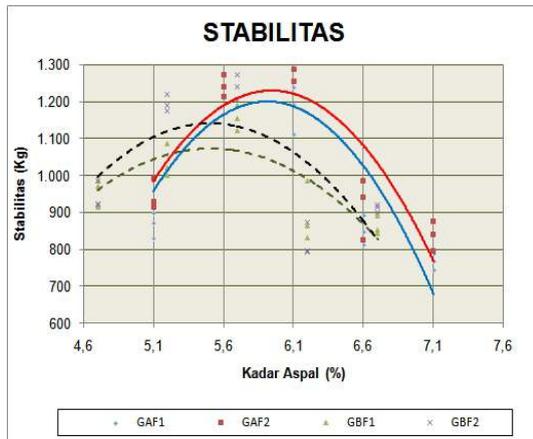
#### IV.13 VFA (Voids Filled With Asphalt)



Gambar 4.11 Perbandingan Nilai VFA Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa seiring penambahan kadar aspal, nilai VFA juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan peningkatan kadar aspal yang menyebabkan rongga dalam campuran yang dapat diisi aspal juga semakin meningkat. GAF yang mempunyai nilai VIM dan VMA yang lebih kecil akan memberikan nilai VFA konsisten lebih besar daripada GBF. Artinya apabila dengan kadar aspal yang sama, diisikan ke dalam rongga yang terdapat pada campuran, maka jumlah rongga yang dapat diisi oleh aspal lebih banyak adalah campuran GAF. Demikian juga pengaruh penggunaan semen sebagai *filler*, maka untuk campuran yang menggunakan *filler* semen (GAF2 dan GBF2) akan mempunyai nilai VFA yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1) pada campuran yang sama karena nilai VIM dan VMA pada campuran dengan *filler* semen lebih kecil.

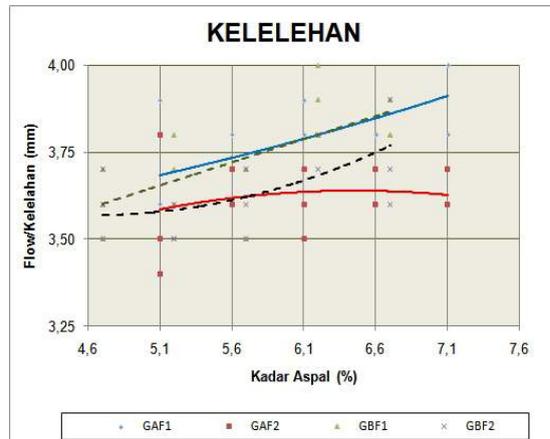
#### IV.14 Stabilitas (*Stability*)



Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Stabilitas Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa akibat perubahan kadar aspal dalam campuran, akan menaikkan nilai stabilitas sampai kadar aspal tertentu kemudian nilai stabilitas akan menurun. Hal ini menunjukkan adanya nilai maksimum stabilitas. Pada kadar aspal yang sama, GAF1 mempunyai stabilitas tertinggi sedangkan GBF2 mempunyai stabilitas terendah. GAF mempunyai nilai stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan GBF, hal ini dikarenakan GAF bermatrik lebih halus jika dibandingkan GBF, artinya GAF mempunyai jumlah agregat halus lebih banyak. Sesuai dengan fungsi agregat halus, yaitu untuk menambah stabilitas campuran dengan mengisi rongga antar butir agregat kasar sehingga memperkuat sifat saling mengunci (*interlocking*). Stabilitas pada campuran yang menggunakan *filler* semen lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan karena kadar aspal pada *filler* abu batu lebih banyak dibandingkan dengan *filler* semen dimana kadar aspal yang makin tinggi menyebabkan selimut aspal menjadi semakin tebal dan campuran yang menggunakan *filler* abu batu menjadi lebih lunak.

#### IV.15 Kelelahan (*Flow*)

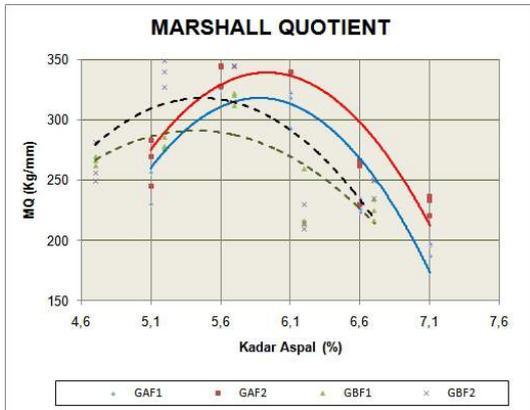


Gambar 4.13 Perbandingan Nilai Kelelahan Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Dari Gambar 4.13, GBF mempunyai nilai kelelahan relatif lebih besar dibandingkan GAF, hal ini menunjukkan bahwa GBF mempunyai daya tahan terhadap deformasi lebih baik daripada GAF. Pada jenis gradasi yang sama campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler* mempunyai nilai kelelahan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran dengan *filler* semen. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan *filler* abu batu mempunyai daya tahan deformasi lebih baik daripada campuran menggunakan *filler* semen. Hal ini disebabkan karena kandungan aspal pada *filler* abu batu lebih banyak dibandingkan *filler* semen sehingga nilai kelelehannya tinggi.

Kemudian campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler* peka terhadap perubahan kelelahan akibat perubahan kadar aspal, dilihat dari Gambar 4.13 bahwa campuran yang menggunakan abu batu sebagai *filler* mempunyai kemiringan kurva yang lebih tajam.

#### IV.16 Marshall Quotient (MQ)

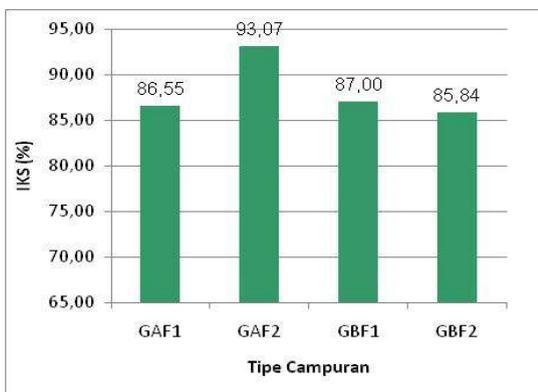


Gambar 4.14 Perbandingan Nilai MQ Terhadap Perubahan Kadar Aspal

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa GAF mempunyai nilai kekakuan lebih besar daripada GBF, selain itu kurva yang terbentuk juga menunjukkan bahwa nilai kekakuan GAF sangat peka terhadap perubahan kadar aspal atau dengan kata lain kekakuan GAF sangat dipengaruhi kadar aspal yang diberikan pada campuran tersebut. Kondisi sebaliknya terjadi pada GBF, dimana campuran ini memiliki nilai kekakuan lebih kecil daripada GAF.

Pengaruh penggunaan *filler* semen menyebabkan nilai MQ menjadi lebih besar dibandingkan dengan *filler* abu batu. Hal ini sejalan dengan nilai stabilitas dan kelelahan dari masing-masing campuran.

#### IV.17 Hasil dan Pembahasan Pengujian Perendaman Marshall

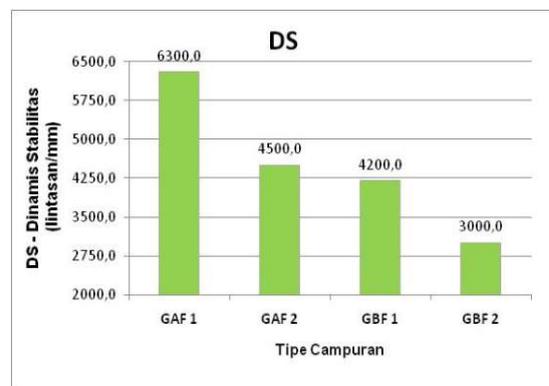


Gambar 4.16 Perbandingan Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Dari Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa campuran GAF yang menggunakan *filler* semen mempunyai nilai IKS lebih besar jika dibandingkan dengan campuran menggunakan *filler* abu batu. Nilai IKS GAF, untuk GAF2 sebesar 93,07% lebih tinggi 6,52% dari IKS GAF1 yang sebesar 86,55%. GAF2 mempunyai kadar aspal yang rendah sehingga rentan terhadap pengelupasan butir dan oksidasi. Namun GAF2 mempunyai kepadatan yang lebih tinggi dibanding GAF1. Kepadatan yang tinggi atau nilai VIM yang kecil dapat mengurangi infiltrasi air maka kepadatan menjadi faktor yang paling utama dalam mempertahankan stabilitas.

GBF yang menggunakan semen sebagai *filler* mempunyai nilai IKS lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran menggunakan *filler* abu batu. Nilai IKS GBF, untuk GBF2 sebesar 87,00% lebih kecil 1,16% dari IKS GBF1 yang sebesar 85,84%. Hal ini disebabkan karena pada GBF2 mempunyai kadar aspal yang rendah sehingga rentan terhadap pengelupasan butir dan oksidasi yang disebabkan oleh pengaruh air dan temperatur.

#### IV.18 Hasil dan Pembahasan Pengujian Wheel Tracking



Gambar 4.18 Perbandingan Nilai Stabilitas Dinamis (DS)

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa GAF mempunyai nilai stabilitas dinamis (DS) lebih besar jika dibandingkan dengan GBF dan campuran yang menggunakan *filler* abu batu lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* semen. Nilai DS terbesar yaitu GAF1 sebesar 6300,0

lintasan/mm, lalu GAF2 sebesar 4500,0 lintasan/mm, lalu GBF1 sebesar 4200,0 lintasan/mm, dan yang terkecil yaitu GBF2 sebesar 3000,0 lintasan/mm.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa GAF1 yang mempunyai nilai stabilitas dinamis (DS) yang paling besar mampu dilewati sebanyak 6300 lintasan untuk membuat alur 1 mm pada perkerasan merupakan campuran yang paling baik menerima beban dinamis. Hal ini disebabkan campuran perkerasan tersebut memberikan peluang nilai stabilitas yang paling optimal dibandingkan dengan campuran lainnya.

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1 Kesimpulan

1. Agregat kasar dan halus yang berasal dari Desa Tanjungratu Kecamatan Ketibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal panas karena telah memenuhi standar spesifikasi. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengujian nilai penyerapan air, nilai abrasi, indeks kepipihan dan kelonjongan, serta material lolos saringan No. 200 yang telah memenuhi spesifikasi SNI, AASHTO, dan ASTM.
2. Aspal Shell pen. 60/70 yang digunakan sebagai bahan campuran aspal panas telah memenuhi standar spesifikasi SNI dan AASHTO aspal pen. 60/70.
3. Nilai KAOMr dan KAORef untuk masing-masing campuran berbeda dan nilai KAORef lebih kecil dari KAOMr. Ini terjadi karena VIMRef membatasi rentang aspal pada penentuan KAORef. Untuk campuran yang menggunakan *filler* abu batu, nilai KAOMr dan KAORef masing-masing adalah 6,20% dan 5,75% (GAF1), kemudian 5,80% dan 5,40% (GBF1). Untuk campuran yang menggunakan *filler* semen, nilai KAOMr dan KAORef masing-masing adalah 6,15% dan 5,50% (GAF2), kemudian 5,75% dan 5,50% (GBF2).  
Campuran yang menggunakan *filler* semen (GAF2 dan GBF2), penurunan KAO akibat kepadatan mutlak lebih besar

dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu (GAF1 dan GBF1). Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan *filler* semen lebih padat dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu

4. Variasi gradasi dan *filler* pada campuran memberikan karakteristik Marshall berbeda. Pada GAF yaitu gradasi yang lebih rapat, penambahan semen sebagai *filler* menyebabkan campuran menjadi rawan terhadap batasan volumetrik campuran. Kepadatan campuran menjadi lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini membuat rentang untuk parameter volumetrik (VIM, VMA, dan VFA) menjadi sempit dalam penentuan nilai KAO.  
Sedangkan pada campuran GBF, penambahan semen sebagai *filler* menyebabkan campuran rawan terhadap batasan parameter empiris campuran (stabilitas, kelelahan, dan MQ).
5. Dari pengujian perendaman Marshall selama 24 jam pada suhu 60°C, ketahanan atau keawetan terhadap pengaruh air dan perubahan temperatur GAF2 lebih baik jika dibandingkan campuran lainnya. Nilai IKS terbesar yaitu GAF2 sebesar 93,07%, lalu GAF1 sebesar 89,55%, kemudian GBF1 sebesar 87,00%, dan GBF2 sebesar 85,84%.  
Hal ini disebabkan karena nilai kepadatan yang lebih tinggi pada GAF2 dibandingkan GAF1, dan GBF2 mempunyai kadar aspal lebih rendah daripada GBF1 sehingga rentan terhadap pengelupasan butir dan oksidasi yang disebabkan oleh pengaruh air dan temperatur.
6. Dari pengujian *wheel tracking* pada suhu 45°C dengan beban 8,16 Ton selama 1260 siklus roda dalam 1 jam pada 21 siklus (42 lintasan) per menit, GAF1 adalah campuran yang paling baik menerima pemadatan sekunder dan perubahan bentuk (deformasi) (nilai DS sebesar 6300,0 lintasan/mm dan nilai RD sebesar 0,0707 mm/menit), kemudian GAF2, lalu

GBF1, dan GBF2.

Hal ini disebabkan campuran GAF1 memberikan peluang nilai stabilitas yang paling optimal dibandingkan dengan campuran lainnya.

## V.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut lagi dengan menggunakan berbagai macam variasi gradasi yang berbeda-beda untuk mendapatkan gradasi yang terbaik.
2. Perlu dilakukan pengujian Marshall dan Kepadatan Mutlak yang lebih teliti lagi dengan cara menambah jumlah benda uji ataupun menggunakan alat pemadat getar listrik.
3. Perlu dilakukan pengujian rendaman Marshall yang lebih teliti lagi dengan cara menambah jumlah benda uji serta waktu perendaman yang lebih bervariasi.
4. Perlu dilakukan pengujian *wheel tracking* yang lebih teliti lagi dengan cara menambah jumlah benda uji serta variasi suhu pengujian.
5. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk mengetahui nilai kelelahan (*fatigue*) dengan menggunakan alat uji DARTEC.
6. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk mengetahui nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan alat UMATTA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1978. *The American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part I (Specifications) 15th edition*. AASHTO Publication. Washington.
- Anonim. 1978. *The American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II (Methods of Sampling and Testing)*. AASHTO Publication. Washington.
- Anonim. 1998. *Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi*. Jakarta.
- Anonim. 1999. *Departemen Perhubungan dan Pengembangan Wilayah, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimbangwil Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi dan Prasarana Jalan. No. 023/T/BM/1999 SK. No.76/KPTS/Db/1999. Bandung.
- Anonim. 2003. *Departemen Pekerjaan Umum. Campuran Beraspal Panas Buku V Spesifikasi*. Seksi 6.3
- Anonim. 2004. *Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, Spesifikasi Proyek*. Direktorat Jendral Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Haidriansyah, A. 2006. *Kinerja Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Flexure Fatigue Test dengan Variasi Gradasi dan Filler Memakai Batuan dari Mukomuko - Bengkulu*. Tesis Magister. Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jala Raya. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 92 halaman.
- Harold N. Atkins. 1997. *Highway Materials, Soils and Concretes. 3<sup>rd</sup> Edition Prentice Hall*. New Jersey.
- Kerbs, R.D. and Walker, R.D. 1971. *Highway Materials*. McGrawHill. New York.
- Shell Bitumen. 1990. *The Shell Bitumen Hand Book*. Shell Bitumen UK. UK.
- SHRP. 1990. *Summary Report on Fatigue Response of Asphalt Mixtures. SHRP-A.IR-90-011. Strategic Highway Research Program*. National Research Council. Washington DC.
- SHRP. 1994. *Superior Performing Asphalt Pavement (Superpave) : The Product of the SHRP Asphalt Research Program. SHRP-A-410, Strategic Highway Research Program*. National Research Council. Washington DC.
- Standar Nasional Indonesia, SNI. 2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall, RSNI M-01-2003*. Badan Standar Nasional Indonesia.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Nova. Bandung.
- The Asphalt Institute. 1983. *Principles of Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Manual Series No. 22*. The Asphalt Institute.
- The Asphalt Institute. 1982. *Superpave Research and Development of The Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition, Research No. 82-2 RR-82-2*. Maryland. USA.
- The Asphalt Institute. 1996. *Superpave Mix Design. Superpave Series No. 2 (Sp-2)*. Lexington. Kentucky. USA.
- Yodee, E.J., and Witczak, M.W. 1975. *Principles of Pavement Design 2nd Edition*. John Wiley & Sons, Inc. New York.