

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian

Dari data yang didapat dari hasil penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, maka dapat diketahui nilai-nilai yang berpengaruh terhadap campuran Laston (AC+Gilsonite) antara lain VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan *Quotient Marshall* dari campuran yang direncanakan, sehingga nantinya dapat menentukan jumlah aspal yang diperlukan untuk masing masing campuran.

Contoh hitungan Test Marshall dengan kadar aspal 6,7%, kandungan Additive Gilsonite 8% (6,432 gr) :

a = Prosen aspal terhadap batuan

$$= 7,18\%$$

b = prosen aspal terhadap campuran

$$= \left(\frac{a}{100 + a} \right) 100\% = 6,7\%$$

c = Berat sebelum direndam

$$= 1174 \text{ gr}$$

d = Berat dalam keadaan jenuh

$$= 1178 \text{ gr}$$

e = Berat dalam air

$$= 667 \text{ gr}$$

f = Isi benda uji

$$= d - e = 511 \text{ ml}$$

g = Berat isi benda uji

$$= \frac{c}{f} = \frac{1174}{511} = 2,30 \text{ gr/ml}$$

h = BJ agregat pada campuran

$$= \frac{\frac{100}{\%agregat} + \frac{100}{\%aspal}}{\frac{BJ.agregat}{2,6582} + \frac{BJ.aspal}{1,051}} = \frac{93,3}{2,6582} + \frac{6,7}{1,051} = 2,41$$

$$i = \frac{bxg}{BJ.aspal} = \frac{6,7 \times 2,30}{1,051} = 14,65$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{BJ.agregat} = \frac{(100 - 6,7)2,30}{2,6582} = 80,64$$

k = Jumlah kandungan rongga

$$= (100 - i - j) = (100 - 14,65 - 80,64) = 4,72 \%$$

l = Rongga terhadap agregat

$$= (100 - j) = (100 - 80,64) = 19,36 \%$$

m = Rongga yang terisi aspal (VFWA)

$$= 100 \left(\frac{i}{l} \right) = 100 \left(\frac{14,65}{19,36} \right) = 75,64\%$$

n = Rongga yang terisi campuran

$$= 100 \left(1 - \frac{g}{h} \right) = 100 \left(1 - \frac{2,30}{2,41} \right) = 4,56\%$$

o = Pembacaan arloji stabilitas

$$= 622,0 \text{ kg}$$

p = o x Kalibrasi Proving Ring

$$= 622 \times 3,427 = 2132,03 \text{ kg}$$

q = p x Koreksi tebal sampel

$$= 2132,03 \times 0,93 = 1982,79 \text{ kg}$$

r = Flow

$$= 3,81 \text{ mm}$$

QM = Marshall Quotient

$$= \frac{q}{r} = \frac{1982,79}{3,81} = 520,42 \text{ kg/mm}$$

6.1.1 Hasil pemeriksaan agregat

Hasil pemeriksaan agregat yang digunakan pada campuran beton aspal dengan bahan tambah atau tanpa bahan tambah “Gilsonite” dapat dilihat pada Tabel 6.1. berikut ini.

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus

No	Pengujian	Syarat	Hasil
1	Keausan agregat dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran.	Maks. 40%	34 %
2	Kelekatan terhadap aspal.	> 95%	97%
3	Penyerapan air pada agregat kasar.	Maks. 3%	1,9021%
4	Penyerapan air pada agregat halus.	Maks. 3%	0,806%
5	Sand Equivalent.	> 50%	63,45%

Sumber : Syarat : SNI No. 1737/1989-F
 Hasil : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Adapun hasil pemeriksaan berat jenis masing-masing agregat dapat dilihat pada Tabel 6.2. berikut ini.

Tabel 6.2 Berat Jenis Agregat Kasar dan Halus

No	Berat Jenis	Kasar	Halus	Rerata
1	Berat jenis (bulk).	2,5644	2,8182	2,6582
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD).	2,6132	2,8409	2,6979
3	Berat jenis semu.	2,6959	2,8837	2,7665

Sumber : Hasil Penelitian Lab. Jalan Raya FTSP UII.

6.1.2 Hasil pemeriksaan aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal jenis "Penetrasi 60-70" (AC 60-70). Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 6.3 berikut :



Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60-70 (AC 60-70).

No	Jenis Pemeriksaan	SYARAT BINA MARGA	HASIL PENELITIAN	Satuan
1.	Penetrasi.	60 – 79	67,4	0,1 mm
2.	Titik Lembek.	48 – 58	50,5	°C
3.	Daktalitas.	100	>175	cm
4.	Titik nyala.	200	345	°C
5.	Titik Bakar.	-	364	°C
6.	Berat Jenis.	1	1,051	-
7.	Kelarutan dalam CCl4.	99	99	%

Sumber : Hasil Penelitian Lab. Jalan Raya FTSP UII.

6.1.3 Hasil pengujian benda uji

Dari hasil analisa yang dilakukan terhadap data-data penelitian perilaku bahan additive Gilsonite terhadap campuran laston, yang diuji dengan tes “Marshall”, diperoleh hasil seperti pada lampiran 24

Pada kadar aspal optimum untuk campuran beton aspal dengan “Gilsonite” atau tanpa “Gilsonite”, dapat dilihat pada lampiran 21, 22 dan 23.

6.2 Pembahasan

6.2.1 Tinjauan terhadap Kepadatan (“Density”)

Nilai kepadatan campuran (“Density”) menunjukkan derajat kepadatan campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang mempunyai “Density” yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih tinggi dibanding dengan campuran yang mempunyai “Density” rendah. Nilai “Density” dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatan campuran tersebut. Campuran akan memiliki kepadatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, pemadatan pada suhu tinggi (viskositas aspal rendah) dan cara pengerjaan yang benar.

Contoh hitungan nilai “Density” atau disebut juga berat isi sampel untuk kadar aspal 6,3% dengan penambahan Gilsonite 8% :

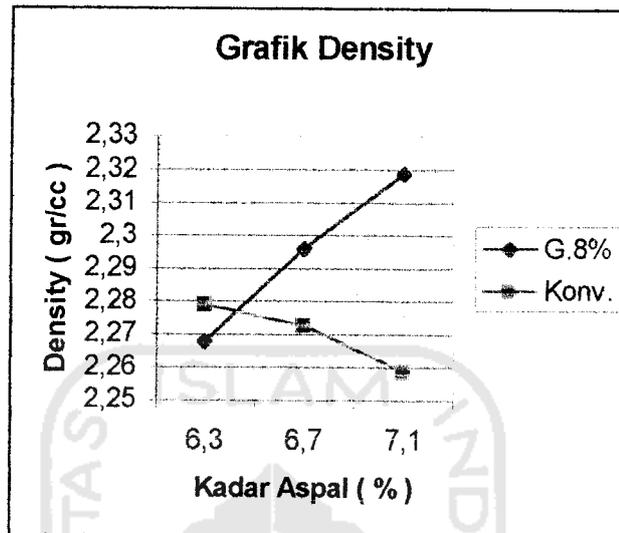
$$\text{BeratIsiSampel} = \frac{\text{Berat ker ingbenda uji}}{\text{Volumebenda uji}}$$

Untuk nilai berat kering benda uji dan Volume (isi benda uji) dapat dilihat Lampiran nomor 21 dan 22 pada tabel perhitungan test Marshall.

$$\text{NilaiDensity} = \frac{1172,3}{517} = 2,26. \text{gr / cc}$$

Pada kadar aspal yang sama dari 6,3% sampai 7,1%, baik untuk campuran Beton aspal AC 60-70 + 8% Gilsonite maupun untuk campuran beton aspal AC 60-70 + 0% Gilsonite, diperoleh nilai “Density “ dengan rumus yang sama seperti contoh diatas.

Nilai “Density” dapat dilihat pada gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Density

Berdasarkan gambar 6.1 tersebut terlihat bahwa nilai “Density” pada campuran yang memakai Gilsonite akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, fenomena ini disebabkan karena tingginya suhu pada saat pemadatan ($140\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dengan penambahan Gilsonite 8% akan menambah nilai Density yang diakibatkan oleh tingginya kelekatan terhadap agregat (99-100%), sehingga ikatan antar agregat menjadi bertambah.

Pada campuran Konvensional terlihat bahwa nilai Density mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan karena semakin banyak aspal yang digunakan dalam campuran justru membuat campuran menjadi lembek sehingga derajat kepadatan campuran menjadi berkurang seiring bertambahnya kadar aspal.

6.2.2 Tinjauan terhadap VITM (“Void In The Mix”)

Volume rongga dalam campuran (VITM) dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total, untuk memungkinkan tambahan pemadatan akibat beban lalu-lintas yang berulang. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran. Persentase rongga yang disyaratkan adalah 3% - 5%. Lapis keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3% mudah terjadi “Bledding”. Akibat tinggi temperatur perkerasan, aspal akan mencair pada saat perkerasan menerima beban, aspal mengalir diantara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM lebih besar dari 5% menunjukkan banyak terjadi rongga dalam campuran sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap air.

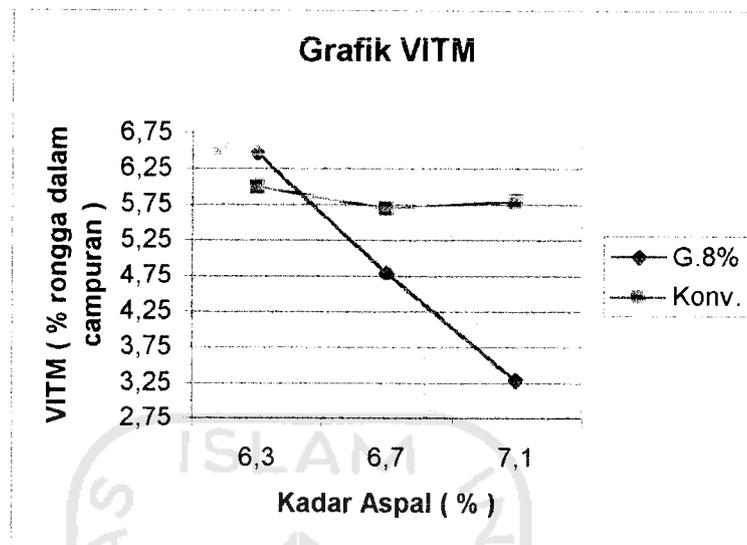
Contoh hitungan nilai VITM untuk kadar aspal 6,3 % dengan penambahan Gilsonite 8% :

$$\text{Nilai VITM} = 100 - \left(100 \times \left(\frac{\text{BJ Maks Teoritis}}{\text{Berat isibenda uji}} \right) \right)$$

$$\text{Nilai VITM (kadar aspal 6,3\%)} = 100 - \left(100 \times \left(\frac{2,26}{2,42} \right) \right) = 6,61\%$$

Untuk nilai berat isi benda uji dan berat jenis maksimum teoritis dapat dilihat pada lampiran nomor 21 dan 22. Dan dengan rumus ini juga dapat dicari nilai VITM untuk semua kadar aspal pada campuran beton aspal AC 60-70 + 8% Gilsonite maupun campuran yang Konvensional (tidak memakai Gilsonite)

Nilai VITM yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 6.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM

Berdasarkan Gambar 6.2 di atas terlihat bahwa nilai VITM mengalami penurunan baik pada campuran konvensional maupun campuran dengan penambahan Gilsonite 8% seiring bertambahnya kadar aspal. Penurunan nilai VITM yang cukup tinggi terdapat pada campuran dengan penambahan Gilsonite 8%, fenomena ini disebabkan oleh karakteristik additive Gilsonite yang mengandung 70,9% Asphaltene yang ikut mengisi rongga dalam campuran, sehingga semakin banyaknya kadar aspal nilai VITM akan menjadi turun.

6.2.3 Tinjauan terhadap VFWA (“Void Filled With Asphalt”)

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga yang terisi aspal. Nilai VFWA menentukan keawetan suatu perkerasan yang dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal terlalu banyak maka rongga udara yang tersisa semakin kecil. Saat perkerasan menerima beban lalu-lintas yang berulang,

menyebabkan terjadinya pemadatan kembali. Jika pemadatan akibat beban tersebut didukung oleh suhu perkerasan yang relatif tinggi, maka kekentalan aspal menjadi turun. Hal tersebut menyebabkan nilai VFWA menjadi besar.

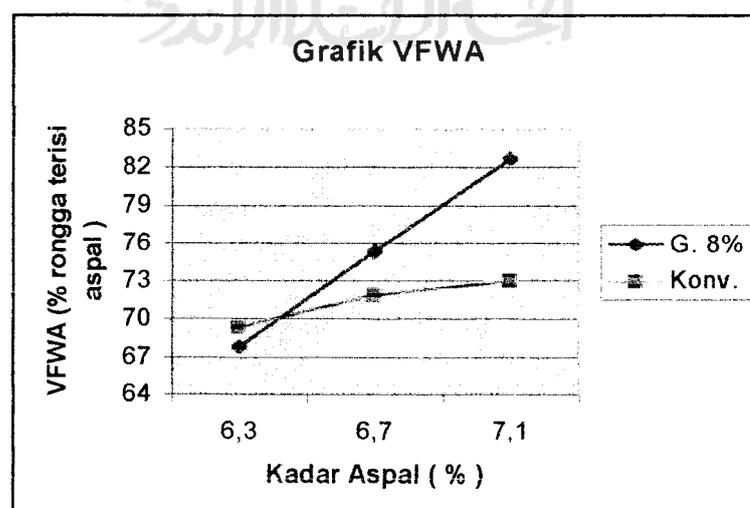
Contoh hitungan nilai VFWA untuk kadar aspal 6,3% dengan penambahan Gilsonite 8% :

$$\text{Nilai VFWA} = 100 \times \left(\frac{(\% \text{aspal} \times \text{berat isi}) : \text{BJ. aspal} = i}{(100 - \% \text{aspal}) \times \text{berat isi} : \text{BJ. agregat} = l} \right)$$

Untuk hasil nilai i dan l pada rumus tersebut dapat dilihat pada lampiran 21 dan 22. Dan dengan rumus yang sama dapat dicari nilai VFWA pada campuran beton aspal AC 60-70 + Gilsonite untuk semua kadar aspal demikian juga dengan campuran yang tidak memakai Gilsonite.

$$\text{Nilai VFWA} = 100 \times \left(\frac{13,59}{20,07} \right) = 67,71\%$$

Nilai VFWA yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada gambar 6.3 sebagai berikut.



Gambar 6.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA

Berdasarkan gambar 6.3 di atas dengan penambahan Gilsonite 8% terlihat bahwa nilai VFWA meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran, menyebabkan rongga antar agregat terisi oleh aspal.

Nilai VFWA berhubungan erat dengan nilai VITM. Telah diuraikan pada bagian 6.2.2, tinjauan terhadap VITM, apabila nilai VITM besar berarti banyak rongga yang terdapat dalam campuran tersebut. Gambar 6.2 menunjukkan bahwa nilai VITM besar terjadi pada kadar aspal yang rendah, seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai VITM semakin kecil. Berkaitan dengan hal tersebut, kadar aspal yang rendah mengakibatkan rongga yang terisi aspal (VFWA) juga rendah. Seiring dengan bertambahnya kadar aspal, rongga terisi aspal (VFWA) bertambah. Hal ini ditunjukkan pada gambar 6.3.

Karena additive Gilsonite mengandung Oils yang mengakibatkan bitumen menjadi licin sehingga dapat lebih mudah melapisi agregat.

Dari “ The Shell Bitumen Handbook “ pada halaman 74 didapat rumus :

Penetration Index (PI)

$$A = \frac{\log pen.atT1 - \log pen.atT2}{T1 - T2}$$

$$PI = \frac{20(1 - 25A)}{1 + 50A}$$

* Dari data hasil penelitian " Penetrasi Aspal AC 60-70 + Additive Gilsonite 8%" didapat :

$T1 = 25^{\circ}\text{C}$ Penetrasi = 24,3

$T2 = 54,4^{\circ}\text{C}$ Penetrasi = 800

$$A = \frac{\log 24,3 - \log 800}{25 - 54,4} = 0,05162$$

$$PI = \frac{20(1 - 25(0,05162))}{1 + 50(0,05162)} = -1,6225$$

Hasil hitungan Penetration Index :

* Dari data hasil penelitian " Penetrasi aspal AC 60-70 " didapat :

$T_{pen} = 25^{\circ}\text{C}$ Penetrasi = 67,4

$T_{sp} = 50,5^{\circ}\text{C}$ Penetrasi = 800

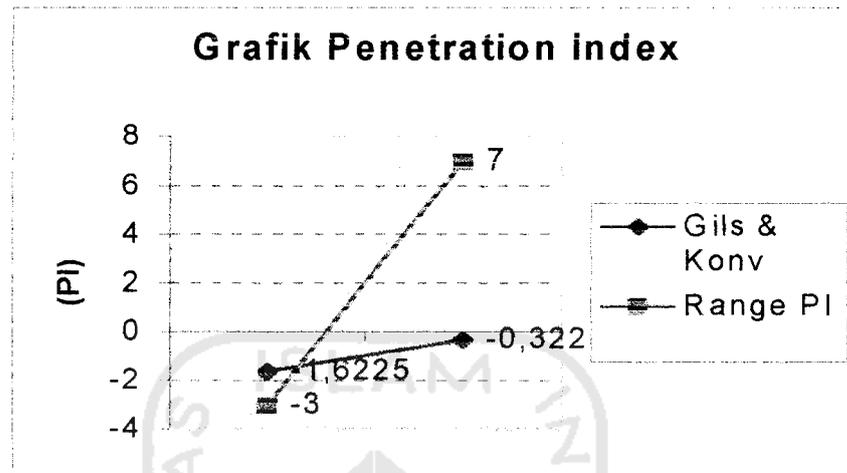
Hasil hitungan Penetration Index :

$$A = \frac{\log 800 - \log 67,4}{50,5 - 25} = 0,042$$

$$PI = \frac{20(1 - 25(0,042))}{1 + 50(0,042)} = -0,3225$$

Dari hasil hitungan Penetration Index (PI) tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan additive Gilsonite angka PI = - 1,6225 yang berarti bahwa sifat dari hasil pencampuran aspal + Gilsonite akan mengakibatkan sangat peka terhadap suhu, sehingga mudah mengisi pori

campuran. Hubungan antara pengaruh pemakaian Gilsonite terhadap nilai penetrasi bitumen dapat dilihat pada gambar 6.4 berikut



Gambar 6.4 Grafik Penetration Index

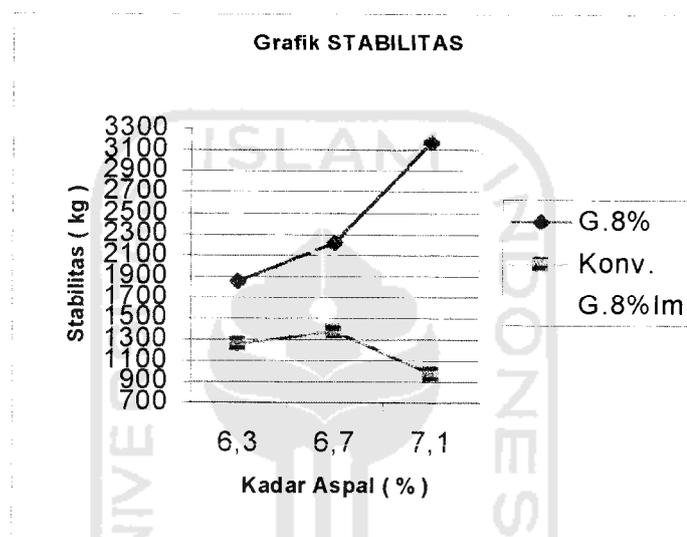
Berdasarkan gambar 6.4 di atas terlihat bahwa angka PI -3 untuk bitumen dengan kepekaan yang tinggi terhadap temperatur, sedangkan angka PI $+7$ menunjukkan kepekaan yang rendah terhadap temperatur. Dengan penambahan Gilsonite pada bitumen menunjukkan angka PI $-1,6225$ yang berarti bitumen peka terhadap temperatur, Sedangkan bitumen tanpa penambahan Gilsonite menunjukkan angka PI $-0,3225$ ini berarti bitumen kurang peka terhadap temperatur.

6.2.4 Tinjauan Terhadap Stabilitas

Stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan *deformasi* akibat beban lalu lintas. Deformasi yang terjadi berbentuk gelombang, alur maupun “Bleeding”.

Stabilitas pada pengujian “Marshall” adalah kemampuan suatu campuran (Beton Aspal) untuk menerima beban hingga runtuh yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg).

Nilai stabilitas yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada gambar 6.5 sebagai berikut.



Gambar 6.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Berdasarkan gambar 6.5 di atas dengan penambahan Gilsonite 8% terlihat bahwa nilai stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena sifat Gilsonite Modifier yang dapat meningkatkan daya rekat / ikat dari aspal terhadap agregat.

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas terdiri atas ketahanan terhadap gesekan antar agregat, bentuk agregat, bentuk permukaan agregat, kepadatan (“Density”) campuran, kemampuan saling mengunci (“Interlocking”) antar agregat dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Pada campuran aspal yang ditambah Additive Gilsonite dengan perlakuan Imersion test, nilai stabilitasnya mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan adanya pengaruh air dan tingginya kadar aspal sehingga campuran menjadi cenderung rapuh. Tetapi nilai ini masih menunjukkan angka stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa menggunakan Gilsonite (Konvensional).

Dengan penambahan Gilsonite 8% didapat :

- 1) Pada kadar aspal 6,3 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 47,7 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional)
- 2) Pada kadar aspal 6,7 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 60,4 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional)
- 3) Pada kadar aspal 7,1 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 222,9 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional)

Dengan penambahan Gilsonite 8% dan perlakuan Imersion test didapat :

- 1) Pada kadar aspal 6,3 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 96,6 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional tanpa Imersion Test)
- 2) Pada kadar aspal 6,7 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 47,5 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional tanpa Imersion Test)

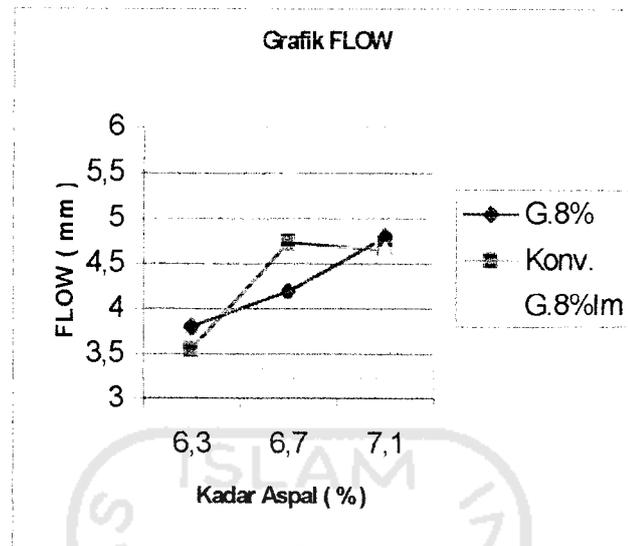
3) Pada kadar aspal 7,1 % mengalami kenaikan stabilitas sebesar 63,2 % terhadap nilai stabilitas tanpa penambahan Gilsonite (konvensional tanpa Imersion Test)

Dari gambar 6.5 terlihat adanya perbedaan yang begitu tinggi (lebih besar dari 75%) pada kadar aspal 7,1 % antara campuran dengan Gilsonite 8% dan campuran Gilsonite 8% yang direndam (Imersion Test), hal ini akan membuat perkerasan menjadi mudah terdeformasi.

6.2.5 Tinjauan terhadap Kelelehan (“Flow”)

Kelelehan (“Flow”) menunjukkan besarnya deformasi campuran benda uji beton aspal akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai “Flow” sangat rendah dan tingginya nilai stabilitas “Marshall” menunjukkan perkerasan bersifat getas dan kaku. Sebaliknya nilai “Flow” yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah terjadi perubahan bentuk akibat beban lalu-lintas.

Nilai “Flow” yang dihasilkan dari penelitian ini diberikan pada gambar 6.6 sebagai berikut.



Gambar 6.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan “Flow”

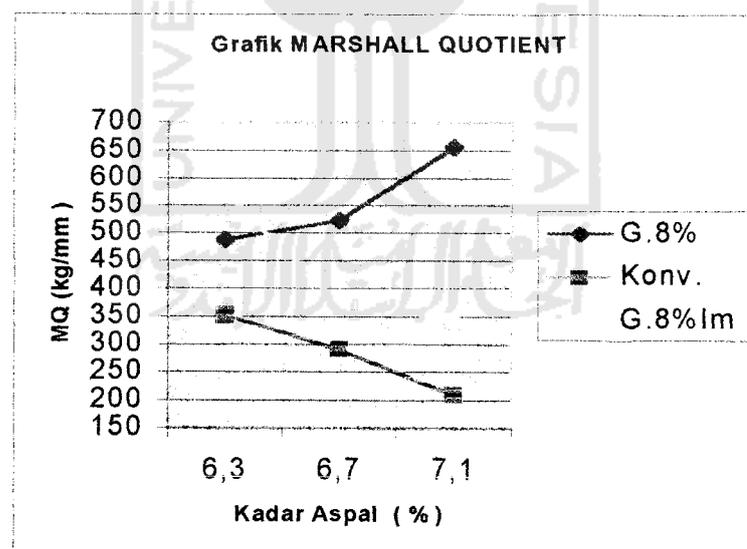
Berdasarkan gambar 6.6 di atas dengan penambahan Gilsonite 8% terlihat bahwa nilai “Flow” meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan oleh karena bertambahnya jumlah aspal dalam campuran akan mengakibatkan campuran bersifat plastis dan cenderung mudah terjadi perubahan bentuk akibat beban lalu lintas.

Pada penambahan Gilsonite 8% dengan perendaman (Imersion) mengakibatkan naiknya nilai Flow sampai pada kadar aspal optimum, kemudian mengalami penurunan seiring bertambahnya aspal, hal ini disebabkan adanya pengaruh air pada kadar aspal tertentu yang berakibat perkerasan cenderung bersifat plastis.

6.2.6 Tinjauan terhadap Marshall Quotient

“Marshall Quotient” (MQ) merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan kelelahan (“Flow”), yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas tinggi disertai dengan kelelahan rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku, sehingga bersifat getas. Sebaliknya, stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi, campuran terlalu *plastis* yang berakibat perkerasan akan mengalami *deformasi* yang besar bila menerima beban lalu-lintas.

Nilai “Marshall Quotient” yang dihasilkan pada penelitian diberikan pada gambar 6.7 berikut ini.



Gambar 6.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan “Marshall Quotient”

Berdasarkan gambar 6.7 dengan penambahan Gilsonite 8% terlihat bahwa nilai “Marshall Quotient” (MQ) meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan Gilsonite akan

mengakibatkan tingginya nilai stabilitas dan rendahnya nilai Flow, sehingga perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas pada kadar aspal tertentu (7,1 %).

Pada campuran aspal yang ditambah additive Gilsonite dengan perlakuan Imersion Test, nilai (MQ) mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan adanya pengaruh air mengakibatkan perkerasan berubah sifat menjadi plastis. Suatu campuran dimana bitumen tidak menyelimuti agregat dengan baik, atau dimana tidak ada ikatan yang kuat antara bitumen dan butiran, akan mempunyai kekuatan sisa yang rendah karena pengelupasan (yaitu terlepasnya) film bitumen dari butiran karena pengaruh air.

Pada campuran tanpa penambahan Gilsonite (Konvensional) dengan bertambahnya kadar aspal perkerasan menjadi semakin mudah mengalami deformasi dan bersifat terlalu plastis.

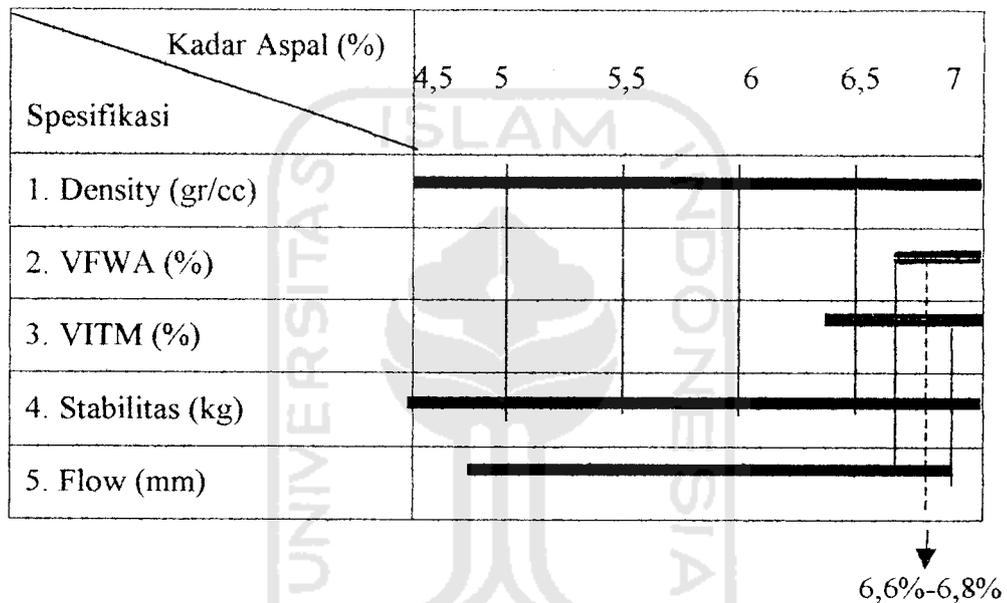
.6.2.7 Penentuan kadar aspal optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan “Density”, VITM, VFWA, “Flow” dan Stabilitas. Penentuan kadar aspal optimum pada campuran, menggunakan metode Bina Marga. Nilai kadar aspal diperoleh dengan cara sebagai berikut ini.

- a. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai “density”, VITM (3%-5%), “Flow” (2mm-4mm), VFWA (75%-82%) dan Stabilitas (>750 kg), diplotkan pada tabel “Spec” kadar aspal.

- b. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada tabel "Spec" kadar aspal, dicari batas terdalam dari kiri maupun dari kanan tabel tersebut. Nilai tengah diantara dari kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum.

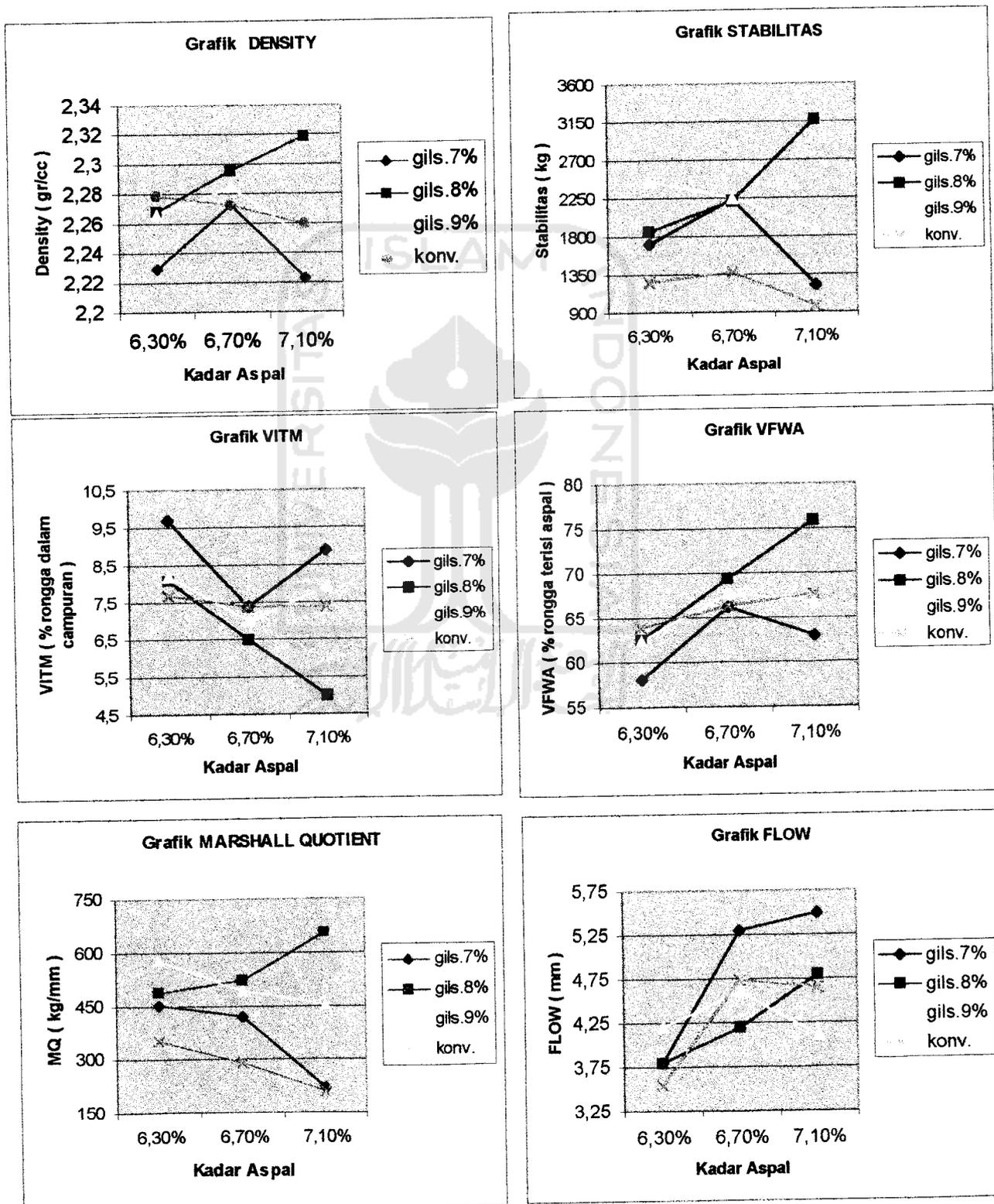
Kadar aspal optimum yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada gambar 6.8 sebagai berikut ini.



Gambar 6.8 Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal tanpa Gilsonite

6.2.8 Tampilan terhadap prosentase Gilsonite yang lain

Grafik hubungan campuran yang memakai additive Gilsonite dengan Konvensional tanpa mengalami perendaman (imersion test) diberikan pada gambar di bawah ini.



Grafik hubungan campuran yang memakai additive Gilsonite dengan perendaman (imersion test) dibandingkan terhadap campuran konvensional tanpa perendaman, diberikan pada gambar dibawah ini.

