

**PENGARUH PENAMBAHAN FILLER SEMEN DAN LAMA RENDAMAN
TERHADAP SIFAT DURABILITAS DAN NILAI STRUKTURAL *SPLIT MASTIC
ASPHALT (SMA)***

(AGUS RIYANTO *) dan TRI WAHYONO **)

*) Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik UMS

E-mail : ariyanto_ums @ yahoo.com

**) Mahasiswa Teknik Sipil FT - UMS

ABSTRAK

Genangan air umumnya menimbulkan banyak kerusakan pada permukaan perkerasan jalan, akibat genangan lapis perkerasan aspal menjadi rapuh dan mudah mengelupas karena aspal teroksidasi dan tidak dapat mengikat agregat dengan baik. Terkait dengan hal di atas peneliti mencoba melakukan penelitian terhadap penggunaan *filler* semen *portland* pada campuran *SMA*. Penambahan *filler* semen diharapkan dapat memberikan pengaruh terhadap keawetan (durabilitas) dan nilai struktural campuran *SMA*.

Metode yang digunakan adalah *experiment* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini menggunakan kadar aspal dengan variasi 5, 6, 7, 8, 9 %, setiap variasi dibuat 3 buah sampel. Dengan kadar aspal optimum sebesar 6,7 % dipakai pembuatan sampel dengan penambahan *filler* 1, 1,5, 2, 2,5, 3 % dan variasi rendaman 24 jam serta 3, 7, 14, 28 hari, selanjutnya dianalisis tingkat perubahan yang terjadi dari aspek durabilitas dan aspek struktural yang ada .

Penambahan kadar *filler* semen secara umum meningkatkan nilai durabilitas dan nilai struktural campuran *SMA*. Hasil penelitian menunjukkan secara umum variasi *filler* semen memberikan kontribusi positif pada campuran *SMA*. Pada kadar *filler* 1, 1,5, 2, 2,5 % diperoleh sisa penurunan nilai stabilitas terhadap waktu rendaman seluruhnya sebesar ≥ 75 %, sehingga sifat durabilitas campuran *SMA* dapat dikatakan cukup durabel. Sisa penurunan nilai stabilitas pada kadar *filler* 3 % terhadap waktu rendaman 3, 7, 14 hari sebesar ≥ 75 %, tetapi terjadi penurunan pada rendaman 28 hari nilai durabilitas yang ada menjadi < 75 %, selanjutnya dua variabel, lama rendaman dan indeks penurunan stabilitas, tiap variasi kadar *filler* dicari hubungan korelasi dan regresinya. Hasil korelasi dan regresi menunjukkan adanya korelasi negatif antara dua variabel. Nilai struktural berdasarkan *AASHTO* 1986 untuk jalan luar kota diperoleh nilai a_1 terendah (kadar *filler* 1 %, rendaman 28 hari) $a_1 = 0,372$ dengan nilai $S_{mix} = 320.256,35$ *Psi*. Nilai a_1 untuk jalan dalam kota hasil terendah (kadar *filler* 1 %, rendaman 28 hari), $a_1 = 0,349$ dengan nilai $S_{mix} = 279.961,30$ *Psi*.

Kata kunci : *AASHTO*, *Filler*, Durabilitas, Nilai Struktural, *SMA*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang wilayahnya sebagian besar adalah lautan, keberadaan air sering kali menjadi masalah serius tatkala tidak ditangani dengan baik. Masalah air khususnya banjir pada musim penghujan / banjir rob masih tetap menjadi persoalan setiap tahunnya.

Banjir sering kali merendam ruas jalan sampai beberapa lama, dan kondisi ini dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Lama waktu genangan banjir juga menjadi ukuran penting sebagai kontribusi akan ketahanan dan keawetan sistem konstruksi jalan. Melihat fenomena ini, penulis bermaksud mengkaji keberadaan *portland cement (PC)* sebagai *filler* dalam mengatasi permasalahan durabilitas dan kondisi struktural bahan perkerasan jalan, sedang pemanfaatan *filler* tersebut akan diperuntukkan pada campuran *SMA + S (Split Mastic Asphalt)* dengan bahan tambah serat selulosa). *SMA* ialah jenis bahan lapis permukaan bergradasi terbuka, tersusun atas *split* (agregat kasar dengan kadar tinggi, $\pm 75\%$), *Mastic Asphalt* (campuran agregat halus, *filler* dan aspal dengan kadar relatif tinggi). Terkait dengan persoalan di atas penulis mencoba melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan *filler portland cement (PC)* dan lama rendaman terhadap durabilitas dan nilai struktural campuran *SMA*. *PC* dipilih dengan pertimbangan sifat hidraulis semen *portland* diharapkan dapat memberikan kontribusi yang relatif lebih baik karena pengaruhnya terhadap air dibandingkan jenis *filler* yang lain.

Dalam penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut, bahan pengikat, aspal keras penetrasi 60/70 (PT. Pertamina Cilacap), variasi 5%, 6%, 7%, 8%, 9% (dari total campuran agregat) untuk mencari kadar aspal optimum, agregat halus pasir Kaliworo, Klaten, agregat kasar berupa batu pecah dari Bantul, sedang *filler* semen *portland merk Holcim*, *additive* berupa serat selulosa jenis *Roadcel 50* (PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta), konsepsi nilai struktural campuran ditinjau dengan menurut *AASHTO* 1986.

a. Konsepsi Split Mastic Asphalt (SMA)

SMA (Split Mastic Asphalt) adalah salah satu jenis konstruksi *hot mix* bergradasi terbuka, yang tersusun atas *split* (agregat besar dengan kadar tinggi $\pm 75\%$), *mastic asphalt* (campuran agregat sedang, *filler* dan aspal dengan kadar relatif tinggi), serta bahan *additive* yang dicampur di *AMP (Asphalt Mixing Plant)* dalam keadaan panas.

Penelitian *SMA* difokuskan pada ukuran grading 0/11, yang biasanya untuk *wearing course* atau jalan baru, (Khairudin, 1990).

Sifat-sifat *SMA (Split Mastic Asphalt)* antara lain :

1. Mampu melayani lalu lintas berat.
 - a. *Stability Marshall* : > 750 kg
 - b. *Flow Marshall* : 2 – 4 mm
2. Tahanan terhadap oksidasi

Lapis *film* aspal tebal : > 10 mikron
3. Lentur (*flexible*)

Marshall Quotient (stability/flow)
4. Tahan cuaca panas atau temperatur tinggi

Titik lembek (aspal + serat selulosa) : > 60° C
5. Kedap air
 - a. Rongga udara : 3 - 5 %
 - b. Indeks perendaman : > 75 % (60° C ; 48 jam)
6. Aman untuk lalu lintas (kesat)

Nilai kekesatan : > 0,60
7. Tingkat keseragaman campuran tinggi
 - a. Kadar agregat yang kasar : tinggi
 - b. Viskositas aspal : tinggi

Sifat-sifat tersebut berdasarkan tinjauan umum *SMA*, Bina Marga 1993.

Untuk spesifikasi pemakaian *SMA* dapat dilihat pada Tabel. 1 dan Tabel. 2 berikut ini :

Tabel 1 Spesifikasi Campuran SMA Grading 0/ 11

No.	SMA	Grading 0/ 11
1	Agregat < 0,09 mm, berat (%) > 2 mm, berat (%) > 5 mm, berat (%) > 8 mm, berat (%) > 11,2 mm, berat (%)	8 to 13 70 to 80 50 to 70 > 25 < 10
2	Aspal Jenis Kadar, % berat	Pen 60 - 70 Pen 80 - 100 6,50 - 7,50
3	Additive Jenis Kadar	serat selolusa 0,3 % terhadap total campuran
4	Kriteria desain Marshall Pemadatan, (tumbukan) Stabilitas min, (kg) Kelelehan/ <i>flow</i> , (mm) MQ, (kg/ mm) Rongga dalam campuran, (%) Rongga terisi aspal, (%) Indeks perendaman 48 jam suhu 60°C, (%)	2 x 75 670 2 - 4 190 - 300 3 - 5 76 - 82 >75
5	Tebal pengaspalan , (cm)	3 - 5
6	Derajat kepadatan , (%)	> 97

Sumber : Bina Marga, DPU 1993.

b. Spesifikasi gradasi

Spesifikasi gradasi dalam penelitian ini menggunakan spesifikasi sesuai *AASHTO* T245-78 seperti yang ditunjukkan pada Tabel. 2 berikut :

Tabel. 2 Spesifikasi SMA Grading 0/ 11

Ukuran Saringan	Spesifikasi (%)	Spesifikasi Ideal (%)
1/2 inch	100	100
3/8 inch	80-90	85
No. 4	55-75	65
No. 8	35-50	42,5
No. 16	25-40	32,5
No. 30	18-29	23,5

No. 50	13-23	18
No. 100	8-16	12
No. 200	4-12	8
Pan	0	0

(Sumber : Bina Marga, 1993)

c. Bahan Penyusun SMA

1. Aspal semen (AC) dengan kualifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3

Adapun spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Spesifikasi Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan Penetrasi 60/70		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi (25° C, 5 detik)	PA 0301 - 76	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	PA 0302 - 76	48	58	° C
3	Titik Nyala	PA 0303 - 76	200	-	° C
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/ menit)	PA 0306 - 76	100	-	cm
5	Berat Jenis (25° C)	PA 0307 - 76	1	-	gr/cc

Sumber : Bina Marga, DPU 1993.

2. Agregat

Adapun spesifikasi agregat sedang dan halus dengan kualifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 4, 5 berikut ini :

Tabel 4. Spesifikasi Agregat Sedang

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angles</i> (%)	maks 40
2	Kelekatan terhadap aspal (%)	min 95
3	<i>Absorpsi</i> (%)	maks 3
4	Berat jenis (gr/cc)	min 2,5

Sumber : Bina Marga, DPU 1993

Tabel 5 Spesifikasi Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi
1	<i>Sand Equivalent</i> (%)	min 50
2	<i>Absorpsi</i> (%)	maks 5
3	Berat jenis (gr/cc)	min 2,5

Sumber : Bina Marga, DPU 1993.

3. *Filler*

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200 yang mengisi rongga diantara partikel agregat. Berdasarkan persyaratan Bina Marga, *filler* harus memiliki persyaratan sebagai berikut :

- a. Material tidak mengandung zat organik.
- b. Bersifat non plastis.
- c. Susunan butiran (gradasi) harus serapat mungkin.
- d. Lolos saringan no. 200.

4. *Roadcel 50*

Roadcel 50 adalah jenis serat selolusa yang berasal dari sel tumbuhan dipergunakan sebagai penstabil bagi penggunaan aspal dalam campuran aspal jalan, serta industri formula aspal. Di dalamnya terkandung permukaan minyak aktif, cepat tersebar secara merata dalam media aspal, serta membuat rendah dan menutup pecahan rongga yang seragam dalam campuran aspal.

Dalam modul yang dikeluarkan oleh PT. Olah Bumi Mandiri (1995), untuk serat selolusa jenis *Roadcel 50* terdapat spesifikasi fisik tersendiri yang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6 Hasil Penelitian *Roadcel 50*

No.	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kandungan Selolusa	90%
2	Struktur	Berserat Panjang
3	Panjang Serat (maksimum)	5000 Micrometer
4	Panjang Rata-rata Serat	1400 Micrometer
5	Diameter Rata-rata Serat	40 Micrometer
6	Kepadatan Kering	30 g/L
7	PH (1% Sol)	7 ± 1
8	Sisa Pembakaran (850°C/ 4 jam)	5%

Sumber : PT. Olah Bumi Mandiri (1995)

Pengertian Durabilitas :

Durabilitas adalah kemampuan lapis keras untuk menahan terjadinya disintegrasi yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca atau lalu lintas, termasuk didalamnya adalah perubahan karakteristik aspal akibat pengaruh dari oksidasi dan penguapan.

Pengertian nilai struktural :

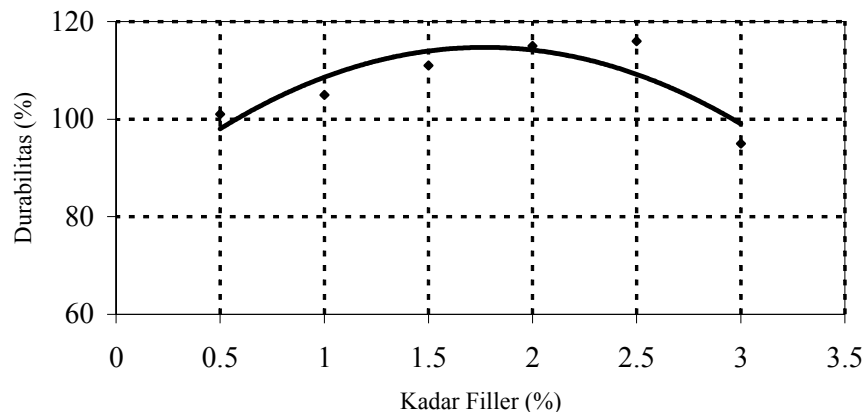
Nilai struktural campuran dinyatakan dalam koefisien kekuatan relatif atau modulus kekakuan, koefisien kekuatan relatif adalah merupakan ukuran kemampuan bahan lapis keras dalam menjalankan fungsinya sebagai bagian dari perkerasan.

Koefisien ini ditetapkan secara empirik, sedang modulus kekakuan adalah hubungan antara tegangan dan regangan sebagai fungsi waktu, pembebanan dan juga temperatur. *AASHTO* 1986 menyebutkan bahwa koefisien relatif lapisan (a_1) merupakan fungsi dari modulus kekakuan campuran. Modulus kekakuan campuran aspal distandarisasi pada temperature 68° F. Korelasi koefisien kekuatan relatif dengan modulus kekakuan tersebut berdasarkan hasil uji Van Tit et al (1986)

Pengaruh Kadar *Filler* Semen *Portland* dan Lama Rendaman terhadap Sifat Durabilitas.

Durabilitas campuran *SMA* dipengaruhi oleh tebalnya *film* atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Besar pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan mengakibatkan durabilitas campuran menurun. Semakin banyak *filler* mengisi pori semakin menambah kepadatan dan kedap airnya campuran, selimut aspal tidak mudah teroksidasi dan durabilitas naik.

Uraian di atas dapat dilihat jelas melalui Gambar 1. berikut ini :



Gambar 1. Hubungan Kadar *Filler* dan Durabilitas

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland*. Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan bahan tambah gips. Dari sifat hidrolis semen yang dipakai sebagai *filler* diharapkan mampu meningkatkan ketahanan lapis perkerasan aspal saat terendam banjir pada rentang waktu tertentu.

Nilai durabilitas dihitung dari prosentase nilai stabilitas dengan variasi waktu perendaman 3, 7, 14, 28 hari terhadap nilai stabilitas pada perendaman 1 hari (24 jam).

Dengan melakukan pengujian *Marshall* maka diperoleh nilai durabilitas suatu campuran yang ditunjukkan oleh nilai r (indeks penurunan stabilitas) dan R (faktor kehilangan stabilitas) yang persamaannya adalah sebagai berikut :

$$r = \sum \frac{S_i - S_{i+t}}{T_{i+t} - T_i} \quad (1)$$

$$R = \frac{rxS}{100} \quad (2)$$

dengan :

r = Indeks penurunan stabilitas (% per jam).

S_i = % stabilitas 24 jam terhadap rendaman 24 jam (%).

S_{i+t} = % stabilitas yang ditinjau terhadap rendaman 24 jam (%).

T_i = Waktu perendaman 24 jam.

T_{i+t} = Waktu perendaman yang ditinjau.

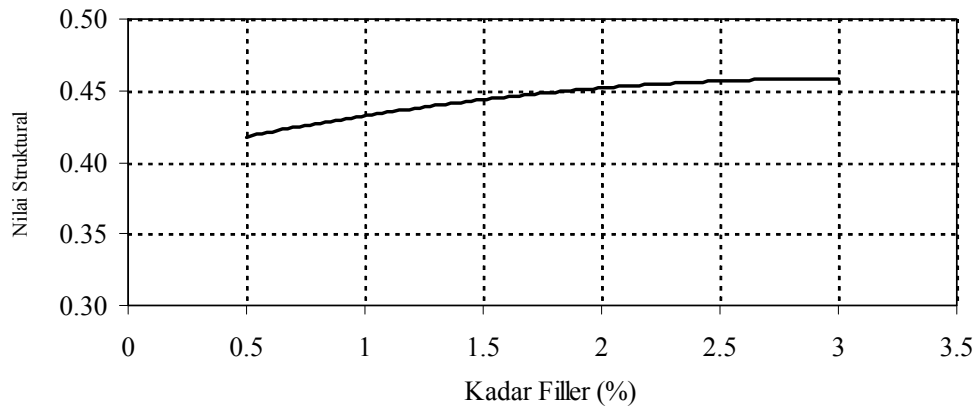
S = Nilai stabilitas pada perendaman 24 jam (kg)

R = Faktor kehilangan stabilitas (kg/jam).

Bina Marga mensyaratkan bahwa sisa nilai penurunan stabilitas akibat perendaman yang ditinjau terhadap perendaman 24 jam harus ≥ 75 % untuk dinyatakan awet (*durable*).

Pengaruh Kadar *Filler* Semen *Portland* terhadap Nilai Struktural *SMA*.

Campuran *SMA* merupakan campuran yang tersusun dari agregat, bahan ikat aspal dan tambahan serat selulosa serta *filler* dengan prosentase dan jenis tertentu, setelah dicampur dan dipadatkan secara benar akan mempengaruhi karakteristik campuran dan nilai strukturalnya. Material *filler* semen *portland* yang digunakan mempunyai sifat hidrolis dan menambah daya ikat antar agregat setelah terjadi reaksi akibat bercampur atau direndam dalam air. Penambahan *filler* semen membuat campuran menjadi cenderung kaku, ditambah sehingga meningkatkan nilai *Smix* dan nilai koefisien kekuatan relatif (a_1). Pernyataan di atas dapat dilihat jelas melalui Gambar.2. berikut ini :



Gambar 2. Hubungan Kadar *Filler* dan Nilai Struktural

Nilai struktural dapat dinyatakan dalam :

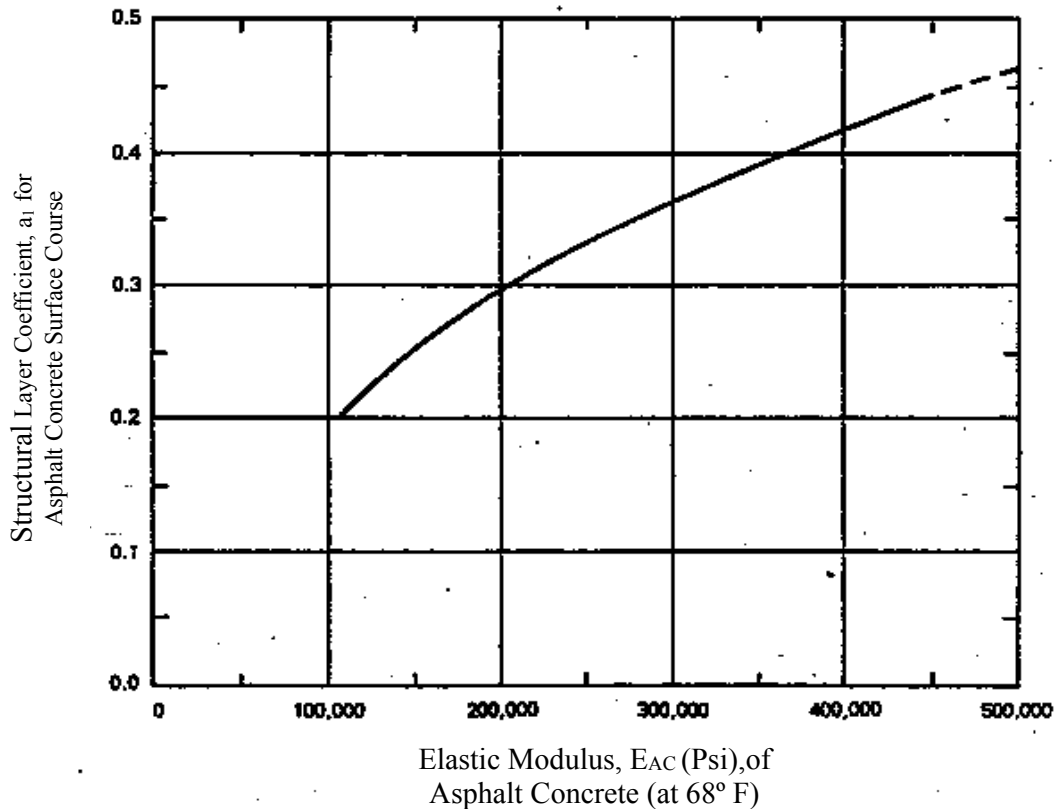
- a. Modulus kekakuan (*mix stiffness/ S_{mix}*).
- b. Koefisien kekuatan relatif (a_1).

Teori kekakuan atau *stiffness* yang dikemukakan oleh *Brown and Brunton* (1984), menyebutkan bahwa nilai struktural lapis keras lentur dapat dinyatakan dengan modulus elastis campuran agregat aspal. Modulus elastis ini digunakan untuk menyatakan suatu nilai tegangan dibagi regangan pada temperatur dan lama pembebanan tertentu akibat pengaruh beban dinamis lalu lintas kendaraan. Nilai modulus kekakuan campuran agregat aspal ditentukan oleh :

1. Modulus kekakuan aspal.
2. Proporsi perbandingan aspal dan agregat.

Koefisien kekuatan relatif adalah merupakan ukuran kemampuan bahan lapis keras dalam menjalankan fungsinya sebagai bagian dari perkerasan. **Koefisien kekuatan relatif (a_1) :**

Menurut *AASHTO* 1986 disebutkan bahwa koefisien relatif lapisan (a_1) merupakan fungsi dari modulus kekakuan campuran. Modulus kekakuan campuran aspal distandarisasi pada temperature 68° F. Hubungan nilai koefisien kekuatan relatif dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar III.3.



Gambar 3 Hubungan antara nilai modulus elastisitas dengan nilai koefisien kekuatan relatif lapisan permukaan. (Sumber : AASHTO, 1986).

METODE PENELITIAN

1. Asal bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas agregat, aspal dan bahan tambah (Gambar 4) berasal dari :

- Agregat kasar (CA dan MA) berupa batu pecah diambil Cepogo Boyolali.
- Agregat pasir berasal dari Kaliworo Klaten.
- Filler* yang digunakan adalah semen *portland merk Holcim* dengan variasi kadar *filler* 1 %; 1,5 %; 2 %; 2,5 %; 3 %.
- Aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras AC 60-70 dari PT. Pertamina, Cilacap variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, 9% untuk penentuan KAO.
- Bahan tambah yang dipakai adalah serat selulosa jenis *Roadcel 50* produksi PT. Olah Bumi Mandiri, Jakarta.



Gambar 4 Bahan Penelitian

2. Persyaratan dan pengujian bahan

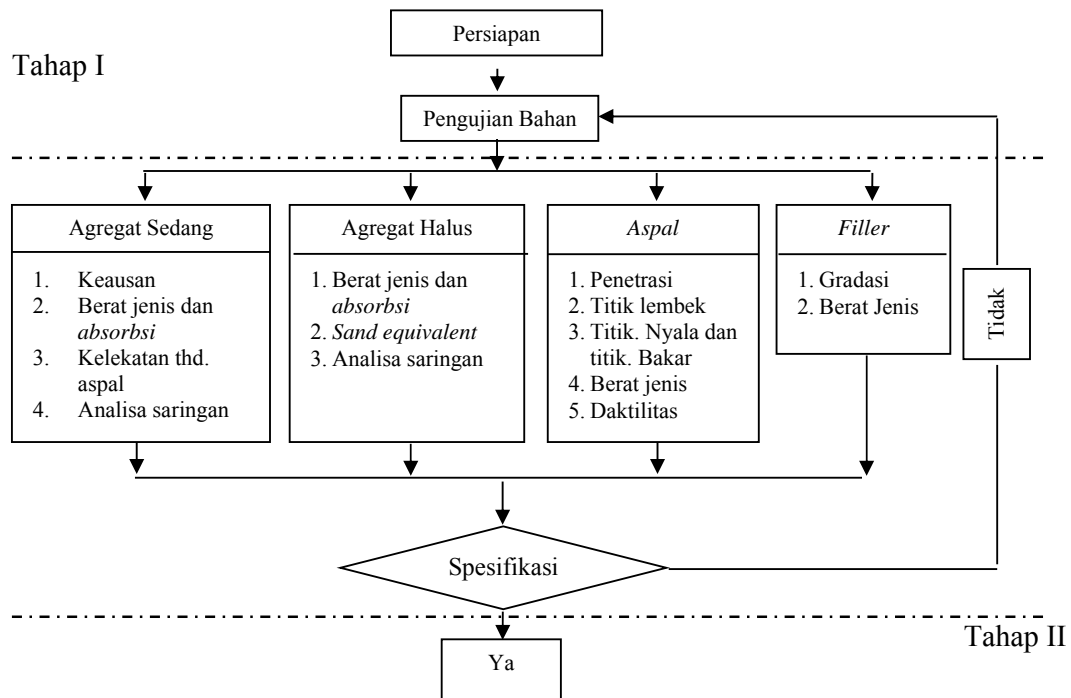
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang memenuhi spesifikasi.

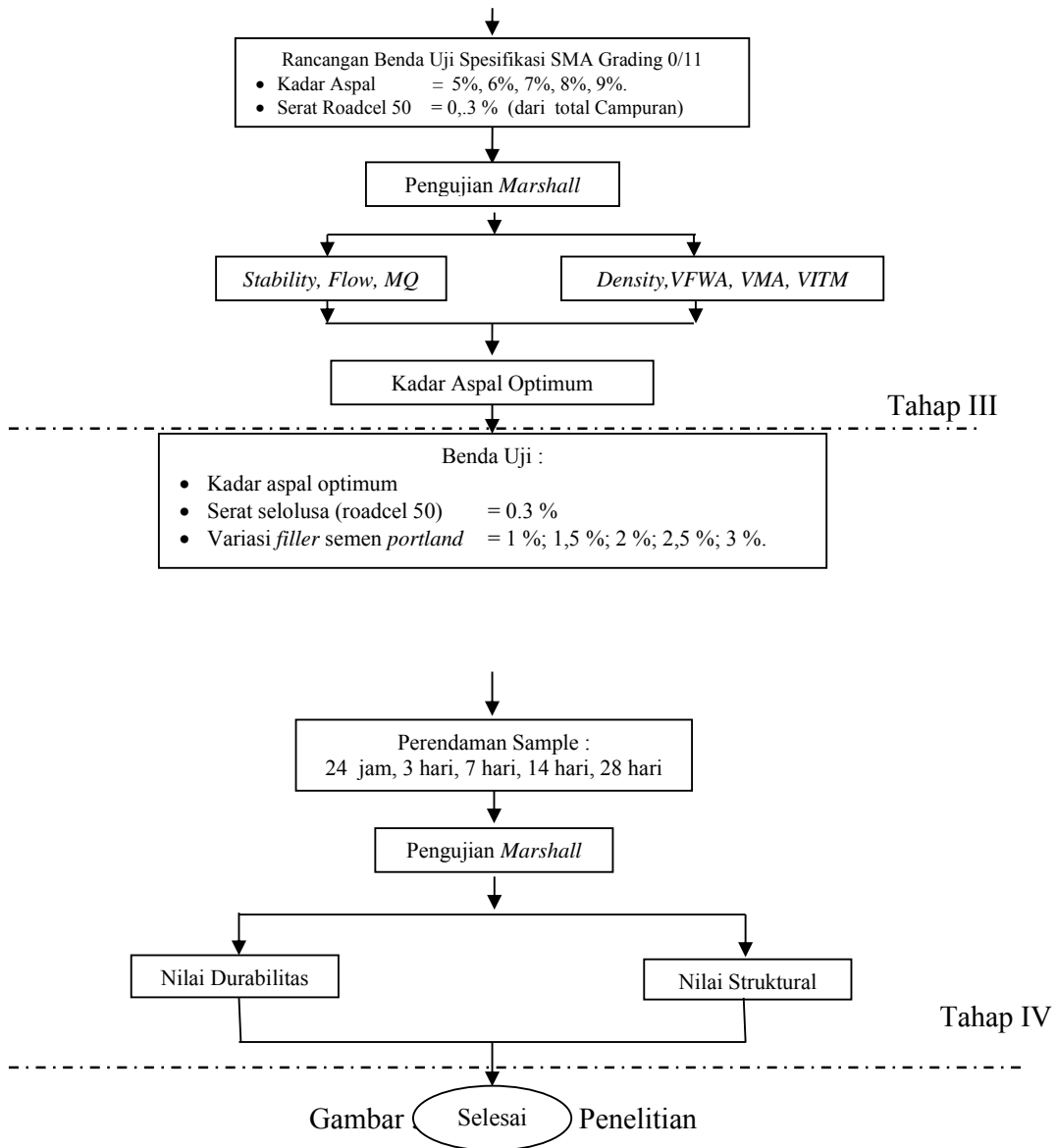
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium bahan perkerasan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan peralatan untuk tes aspal, agregat dan campuran aspal – agregat.

Penelitian ini dilaksanakan melalui 4 (empat) tahap, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan alir di bawah ini

Bagan Alir Penelitian

Bagan alur penelitian dan tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :





Hasil penelitian dan pembahasan :

a. Hasil penelitian :

1. Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut ini :

Tabel 7 Hasil Pengujian Agregat Sedang

No.	Jenis Pemeiksaan	Spesifikasi	Hasil
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angles</i> (%)	Max 40	37,86
2	Kelekatan terhadap aspal (%)	Min 95	96,2
3	Penyerapan terhadap air (%)	Max 3	2,94
4	Berat jenis (gr/cc)	Min 2,5	2,67

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 8 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pemeiksaan	Spesifikasi	Hasil
1	Sand <i>Equivalent</i> (%)	Min 50	71,7
2	Penyerapan terhadap air (%)	Max 5	2,24
3	Berat jenis semu (gr/cc)	Min 2,5	2,73

(Sumber : Hasil Penelitian)

2. Aspal

Hasil pengujian aspal ditunjukkan pada Tabel 9 berikut :

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Aspal.

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil
		(AASHTO)	
1	Penetrasi (0,1mm)	60-70	67,8
2	Daktalitas (mm)	Min 1000 mm (putus)	1395
3	Titik Lembek (°C)	48 - 58	50,75
4	Titik Nyala (°C)	Min 200	277
5	Berat Jenis (gr/cc)	1 - 1,3	1

(Sumber : Hasil Penelitian)

3. Filler

Hasil pemeriksaan *filler* dapat dilihat pada Tabel 10. berikut ini :

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan *Filler*

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil
1	Lolos Saringan No. 200	Min 85 %	100%
2	Berat Jenis	3,15 gr/cc (ASTM)	3,15 gr/cc

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari pengujian bahan disimpulkan bahwa bahan yang dipakai memenuhi spesifikasi / persyaratan teknis.

a. Perencanaan komposisi agregat (*Mix Design*) untuk kadar aspal optimum

Berat total campuran agregat =1200 gr, variasi kadar aspal = 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 % dan *roadcel 50* = 0,3 % dari total campuran agregat.

Secara lengkap komposisi bahan ditunjukkan pada Tabel 11 berikut ini :

Tabel 11. Komposisi Bahan untuk Kadar Aspal Optimum.

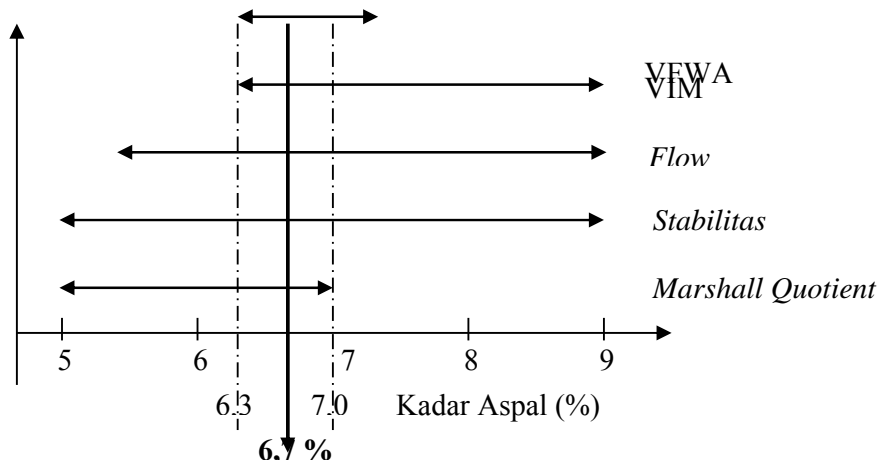
Kadar Aspal	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)
						20,5	35	44,5

(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
5	0,3	1200	60	3,6	1136,4	233,0	397,7	505,7
6	0,3	1200	72	3,6	1124,4	230,5	393,5	500,4
7	0,3	1200	84	3,6	1112,4	228,0	389,3	495,0
8	0,3	1200	96	3,6	1100,4	225,6	385,1	489,7
9	0,3	1200	108	3,6	1088,4	223,1	380,9	484,3

(Sumber : Hasil Analisa)

b. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian propertis Marshall menggunakan alat *Marshall Test (Stabilitas, Flow, VIM, VFWA* serta *Marshall Quotient*) untuk dapat menentukan kadar aspal optimumnya (Gambar 6)



Gambar 6. Penentuan Kadar Aspal Optimum (6,7 %)

c. Perencanaan komposisi agregat dengan kandungan filler untuk tinjauan nilai struktural dan durabilitas.

Campuran dengan kadar aspal optimum 6,7 % dan tambahan serat *roadcel* 0,3 % terhadap berat campuran dengan variasi kadar *filler* semen *portland* 1%; 1,5%; 2%; 2,5%; 3% direndam selama 24 jam dan 3, 7, 14, 28 hari dibutuhkan sebanyak 3 sampel untuk masing-masing variasi. Komposisi agregat dengan kandungan *filler* untuk tinjauan nilai struktural dan *durabilitas* dapat dilihat pada Tabel 12. berikut :

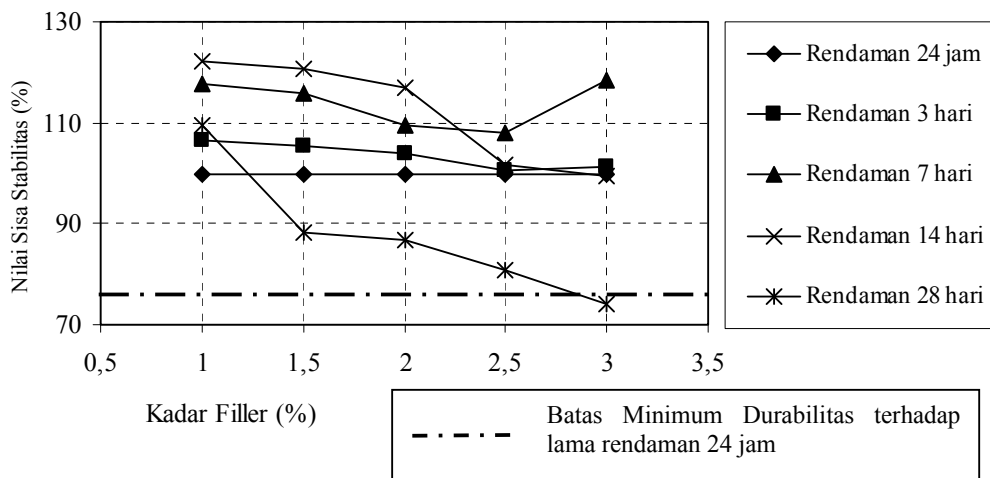
Tabel.12. Komposisi bahan dengan kandungan *filler* untuk tinjauan nilai struktural dan *durabilitas*.

Kadar Aspal Optimum	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)	<i>Filler</i> (%)
						20,5	35	43,5	1
(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
6,7	0,3	1200	80,4	3,6	1116,0	228,8	390,6	485,5	11,2
Kadar Aspal Optimum	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)	<i>Filler</i> (%)
						20,5	35	43	1,5
(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
6,7	0,3	1200	80,4	3,6	1116,0	228,8	390,6	479,9	16,7
Kadar Aspal Optimum	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)	<i>Filler</i> (%)
						20,5	35	42,5	2
(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
6,7	0,3	1200	80,4	3,6	1116,0	228,8	390,6	474,3	22,3
Kadar Aspal Optimum	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)	<i>Filler</i> (%)
						20,5	35	42	2,5
(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
6,7	0,3	1200	80,4	3,6	1116,0	228,8	390,6	468,7	27,9
Kadar Aspal Optimum	Roadcel	Berat Campuran	Berat Aspal	Berat Roadcel	Berat Agregat	CA(%)	MA(%)	FA(%)	<i>Filler</i> (%)
						20,5	35	41,5	3
(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
6,7	0,3	1200	80,4	3,6	1116,0	228,8	390,6	463,1	33,5

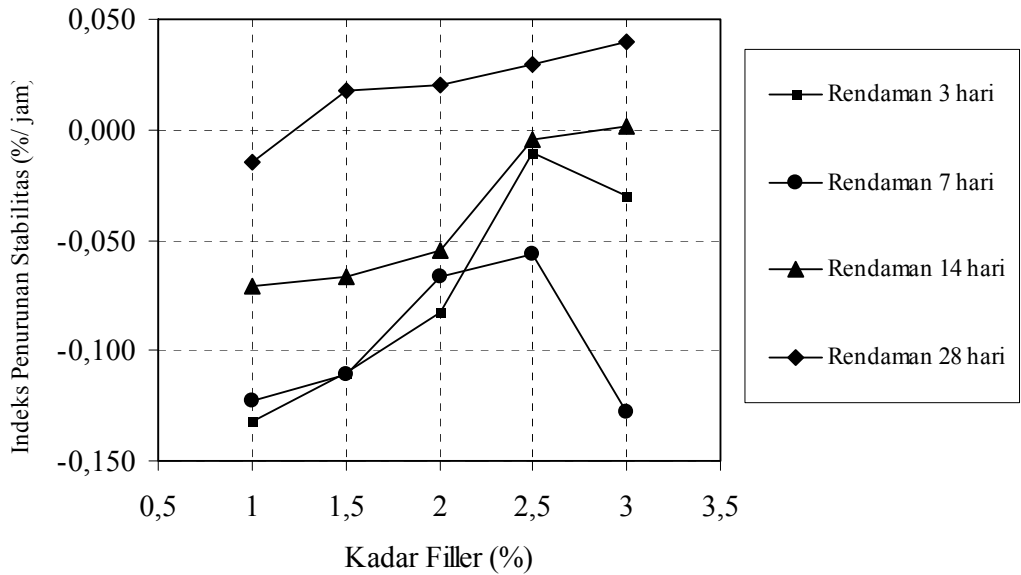
b. Pembahasan

1. Kontribusi *filler* dan lama rendaman terhadap sifat *durabilitas*

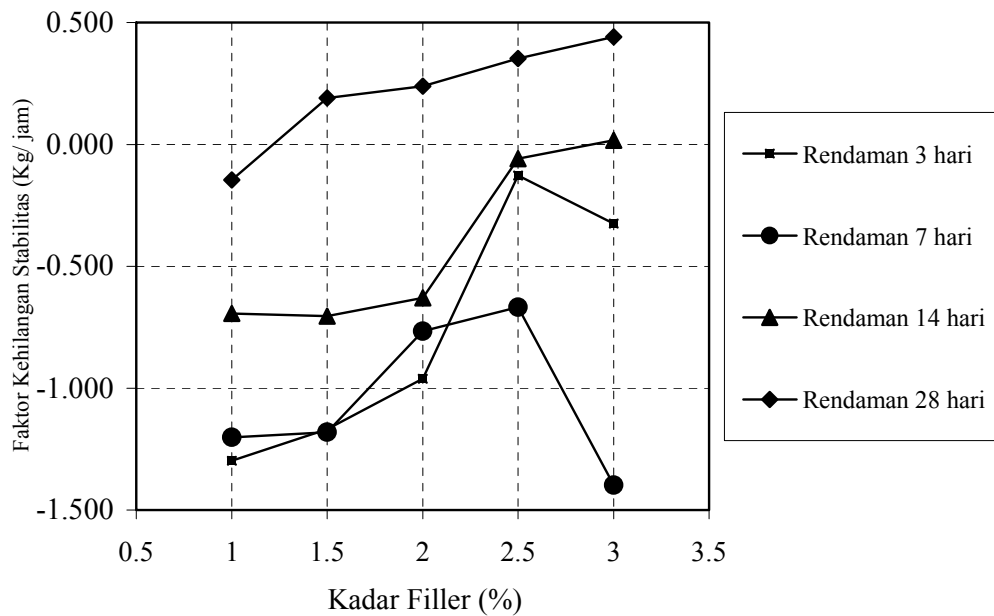
Sifat durabilitas suatu campuran ditunjukkan dengan nilai *r* (indeks penurunan stabilitas) dan *R* (faktor kehilangan stabilitas), berdasar penelitian variasi kadar *filler* semen 1, 1,5, 2, 2,5, 3 % dari total campuran dan lama rendaman 24 jam, 3, 7, 14, 28 hari diperoleh nilai *r* dan *R* seperti yang terlihat pada Gambar 7 – 9 berikut ini :



Gambar 7. Hubungan Kadar *Filler* dan Nilai Sisa Stabilitas terhadap Lama Rendaman.



Gambar 8. Hubungan Kadar *Filler* dan Indeks Penurunan Stabilitas (r) terhadap Lama Rendaman.



Gambar 9. Hubungan Kadar *Filler* dan Faktor Kehilangan Stabilitas (R) terhadap Lama Rendaman.

Berdasarkan Gambar 7 – 9 di atas menunjukkan secara umum variasi filler semen 0,5 – 3,5 %, memberikan kontribusi terhadap sifat durabilitas campuran SMA karena nilai stabilitas yang ada masih > 75 % stabilitas awal,

terutama untuk masa rendaman < 28 hari (Gambar 7), berdasarkan (Gambar 8) ternyata variasi kadar filler 2,0 – 2,5 % untuk variasi rendaman 3 – 7 hari adalah kondisi yang optimal dalam mewujudkan terjadinya indeks penurunan stabilitas dan berdasarkan (Gambar 9) kadar filler 2,0 – 2,5 % adalah kondisi optimal dalam mewujudkan faktor kehilangan stabilitas dengan masa rendaman yang diterima adalah sampai 7 hari saja. Untuk lebih meyakinkan analisis di atas dilakukan analisis korelasi dan regresi terhadap aspek *durability*, ditetapkan bahwa x adalah lama perendaman (*dependent variable*) yakni 24 jam, selanjutnya y adalah indeks penurunan stabilitas. Perhitungan regresi diambil pada kadar *filler* 1 % yang dapat dilihat pada Tabel 13 di bawah ini :

Tabel 13. Analisa Korelasi dan Regresi pada Kadar *Filler* 1 %.

No.	Lama Rendaman (jam)	Log x	Indeks Penurunan Stabilitas (%)	Log y	X ₀ ²	Y ₀ ²	X ₀ .Y ₀
	x	X ₀	Y	Y ₀			
1	24	1.380	100	2	1.905	4	2.760
2	72	1.857	-0.132	-0.879	3.450	0.773	-1.633
3	168	2.225	-0.123	-0.910	4.952	0.828	-2.025
4	336	2.526	-0.071	-1.149	6.382	1.320	-2.902
5	672	2.827	-0.015	-1.824	7.994	3.327	-5.157
	Σ	10.817	99.659	-2.762	24.683	10.248	-8.957

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$r' = \frac{n \sum x_0 \cdot y_0 - \sum x_0 \cdot \sum y_0}{\sqrt{n \cdot \sum x_0^2 - (\sum x_0)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum y_0^2 - (\sum y_0)^2}}$$

$$r' = \frac{5 \cdot (-8,957) - (10,817 \cdot (-2,762))}{\sqrt{5 \cdot 24,683 - 10,817^2} \cdot \sqrt{5 \cdot 10,248 - (-2,762)^2}}$$

$$= -0.8912$$

Perhitungan analisa korelasi dan regresi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 14. berikut ini :

Tabel 14. Nilai r'

No.	Kadar Filler (%)	r'
1	1	-0.8912
2	1,5	-0.8758
3	2	-0.8517
4	2,5	-0.7403
5	3	-0.7641

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 14 di atas, didapatkan nilai r' adalah negatif dan mendekati -1, ini menunjukkan adanya korelasi negatif yang signifikan antara variabel lama rendaman (jam) dan indeks penurunan stabilitas (%).

2. Kontribusi *filler* terhadap nilai struktural campuran SMA menurut AASHTO 1986

a. Perhitungan modulus kekakuan *Bitumen* (*Sbit*)

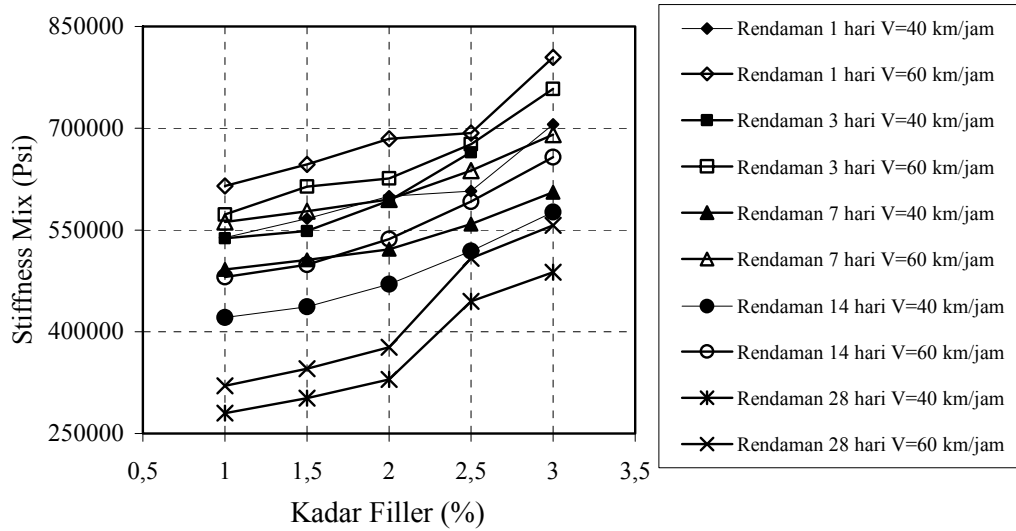
Besarnya nilai kekakuan *bitumen* diperoleh dengan menggunakan formula dari *Ullidtz*. Ilustrasi perhitungan kekakuan *bitumen* diasumsikan :

l = Panjang tapak roda = 25 cm, t = Suhu permukaan = 37° C

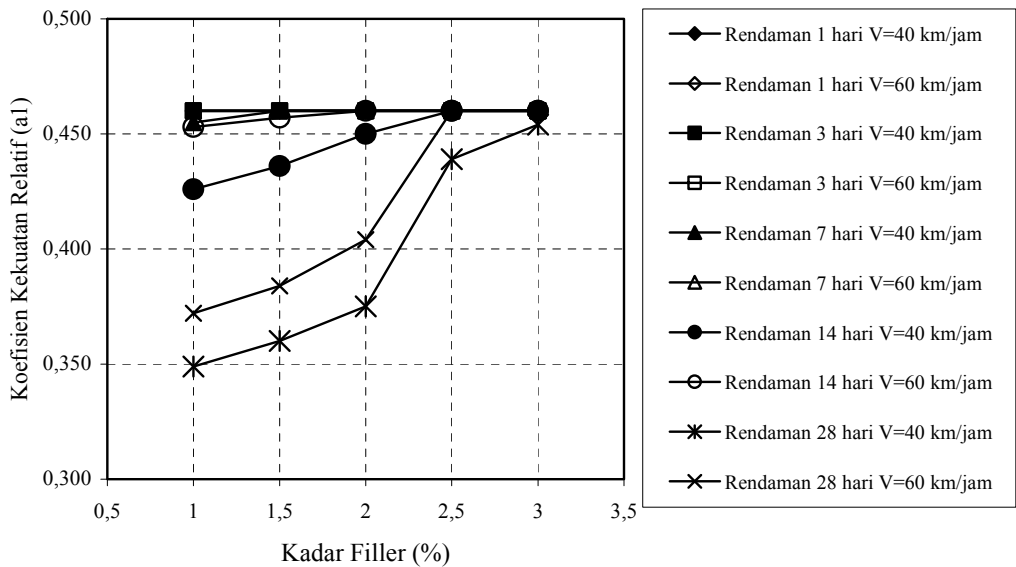
V = Kecepatan kendaraan = 60 km/jam (luar kota) dan 40 km/jam (dalam kota) dan P_i = 67,8 mm

b. Perhitungan modulus kekakuan campuran (*Smix*)

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat dibuat Gambar 10 dan 11 sebagai berikut ini :



Gambar 10. Hubungan *Smix* terhadap variasi kadar *filler* semen dan lama rendaman.



Gambar 11. Hubungan Koefisien Kekuatan Relatif (a_1) terhadap variasi kadar *filler* semen dan lama rendaman.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa penambahan kadar *filler* semen dapat meningkatkan nilai *Smix* dan a_1 meningkat. Hal ini disebabkan penambahan *filler* semen (1 – 3,5 %) membuat rongga dalam campuran

semakin berkurang, sehingga kepadatan dan kerapatan campuran menjadi meningkat dan kekakuan campuran semakin tinggi dan nilai struktural meningkat, dan kondisi rendaman yang masih memberikan batas nilai baik adalah pada rendaman sampai 7 hari karena nilai struktural a_1 masih di atas 0,4 ; dengan rentang kadar filler 2,5 – 3,0 % adalah kondisi yang tidak begitu beresiko terhadap penurunan nilai a ataupun S mix karena faktor rendaman yang lama sampai 28 hari niscaya masih memenuhi syarat

Kesimpulan dan saran :

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh *filler* semen dan lama rendaman terhadap sifat durabilitas secara umum masih positif karena nilai stabilitas yang ada > 75 % stabilitas awal
2. Variasi kadar filler 2,0 – 2,5 % dengan masa rendaman 3 hari relatif masih aman dan masa rendaman yang masih dapat diterima adalah sampai 7 hari
3. Secara umum kadar *filler* semen dapat meningkatkan nilai *S*mix dan nilai struktural a_1 , Hal ini disebabkan penambahan *filler* semen (1 – 3,5 %) membuat rongga dalam campuran semakin berkurang sehingga kepadatan dan kerapatan campuran menjadi meningkat dan kekakuan campuran semakin tinggi.
4. Kondisi rendaman yang masih aman adalah pada rendaman sampai 7 hari karena nilai struktural (a_1) masih di atas 0,40.
5. Rentang kadar filler semen 2,5 – 3,0 % adalah kondisi yang baik terhadap penurunan nilai a ataupun S mix karena faktor rendaman yang lama sampai 28 hari niscaya masih memenuhi syarat

Saran

Pemakaian filler semen yang lebih besar dari 3 % perlu dipertimbangkan secara seksama terhadap kerentanan terhadap cracking karena nilai kekakuannya tinggi disamping harga konstruksi perkerasan menjadi mahal

DAFTAR PUSTAKA

- 1986, *AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures*
- Freddy L Roberts et al., 1991, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture, Design and Construction*, First Edition, NAPA Education Foundation Lanham, Maryland
- Hutama Prima, PT, 2002, *Perencanaan Campuran Asphalt Emulsi Bergradasi Rapat (Dense Graded Emulsion / DGEM)*, Cilacap
- Khairudin, A., 1990, *Pengkajian Pemanfaatan Teknologi SMA dengan Serat Selulosa Sebagai Bahan Tambah di Indonesia*, DPU, Dirjen Bina Marga.
- 1990, *The Shell Bitumen Hand Book*
- Subagyo, P., Djarwanto, 2005, *Statistika Induktif*, Edisi 5, BPFE – Yogyakarta.
- Supranto, 2005, *Statistik Teori dan Aplikasi*, Edisi ke-5, Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodimulyo, K., 1995, *Bahan Bangunan*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
- Widodo, S., 2006, *Perencanaan Campuran Aspal Dingin Menggunakan Aspal Emulsi Rapid Setting*, Lembaga Penelitian UMS