

625.35  
mug  
p 21



**PENGARUH KARAKTERISTIK DAN KINERJA CAMPURAN ASPAL  
EMULSI BERGRADASI RAPAT ( CEBR ) TIPE III JENIS ASPAL CSS - 1 AE - 63 S  
TERHADAP MASA SIMPAN**

**TESIS**

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil**

**Oleh**

**ABDULLAH MUJAHID  
NIM. L. 4A. 001.024**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2003**



## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH KARAKTERISTIK DAN KINERJA CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI RAPAT ( CEBR ) TIPE III JENIS ASPAL CSS – 1 AE – 63 S TERHADAP MASA SIMPAN

Disusun oleh :

**ABDULLAH MUJAHID**  
NIM. L. 4A. 001.024

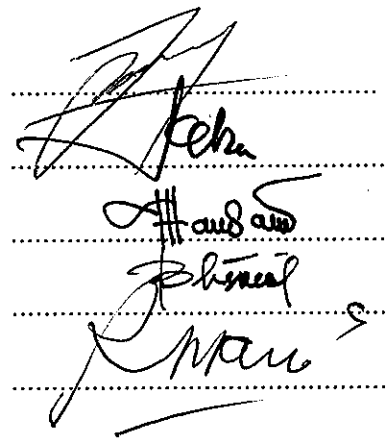
Dipertahankan di Depan Penguji pada tanggal :

**23 Desember 2003**

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

TIM PENGUJI :

1. IR. MUHROZI, MS. ( Ketua )
2. DRS. BAGUS PRIYATNO, ST., MT. ( Sekretaris )
3. DR.IR. SRI PRABANDIYANI, M.Sc. ( Anggota – 1 )
4. BAGUS HARIO SETIADJI, ST., MT. ( Anggota – 2 )
5. IR. ROESWAN SOEDIRO, MS. ( Anggota – 3 )

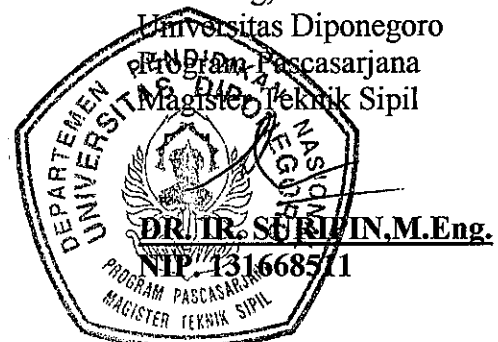


Semarang, 23 Desember 2003

Universitas Diponegoro

Program Pascasarjana

Magister Teknik Sipil



## ABSTRAK

Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) sebagai lapis perkerasan lentur yang memiliki sifat struktural, kedap air dan mudah pelaksanaannya, karena tidak memerlukan pemanasan dalam pencampurannya. Proses yang terjadi dalam campuran dingin tersebut adalah adanya lekatan antara butiran agregat yang bersifat basa dengan aspal emulsi kationik yang bersifat asam, setelah terjadi proses *setting* (terpisahnya aspal dari air dalam aspal emulsi). Lekatan ini terbentuk oleh proses penguapan campuran dingin selama masa simpan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa selama proses penguapan ini akan terbentuk kekentalan aspal makin tinggi sehingga rongga udara (*volume pori*) dalam campuran makin besar, akibatnya pada saat dipadatkan akan terbentuk CEBR dengan tingkat kerapatan campuran yang makin rendah. Bertitik tolak dari fenomena tersebut, penelitian ini akan mencoba untuk melihat seberapa jauh pengaruh variasi masa simpan (dinyatakan dalam hari) campuran sebelum dipadatkan terhadap karakteristik dan kinerja CEBR tipe III jenis *AE - 63 S* dengan menggunakan *filler* Debu batu sebagai standar dan *filler* alternatif dipakai *Portland Cement (PC)*.

Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja pemakaian bahan penyusun CEBR tipe III, dilakukan pengujian *Modified Marshall test*. Pembuatan campuran berdasarkan spesifikasi khusus Bina Marga 1991, *The Asphalt Institute*, 1979 (*MS.19*). Cara pengujian laboratorium dan analisis struktural ditunjukkan antara lain: Menentukan *cold mix III* dengan cara membuat kadar aspal emulsi bervariasi. Sedangkan untuk *cold mix IV* karakteristik dan kinerja bahan susun CEBR tipe III divariasikan pada masa simpan 0 (nol) sampai 10 (sepuluh) hari kemudian dilakukan pengujian *Modified Marshall test*.

Hasil penelitian *cold mix III* di dapat *job mix formula* mulai dari kadar aspal emulsi 8 % sampai 11 % untuk *filler* standar Debu Batu dan *filler portland cement*, diperoleh kadar aspal emulsi optimum yang sama yaitu pada kadar aspal emulsi 9 %, seperti ditunjukkan pada nilai  $VMA_{\text{debu batu}}$  optimum 6.549 % dan  $VMA_{\text{PC}}$  optimum 6.242 %, Stabilitas Rendaman<sub>debu batu</sub> 829,28 kg dan nilai Stabilitas Rendaman<sub>PC</sub> 991.85 kg, nilai Stabilitas Sisa<sub>debu batu</sub> 89.06% dan nilai Stabilitas Sisa<sub>PC</sub> 89.96%, Absorpsi<sub>debu batu</sub> 1.116% dan nilai Absorpsi<sub>PC</sub> 0.923%, semua pada kadar aspal emulsi 9%. Adapun hasil penelitian pada *cold mix IV*, untuk variasi masa simpan 0 (nol) sampai 10 (sepuluh) dengan jarak 2 (dua) hari, ini ditunjukkan pada nilai  $VMA_{\text{debu batu}}$  pada 0 hari 6.549% sampai  $VMA_{\text{debu batu}}$  pada 8 hari 7.097%, sedangkan pada 0 hari  $VMA_{\text{PC}}$  6.242% sampai  $VMA_{\text{PC}}$  pada 8 hari  $VMA_{\text{PC}}$  7.74%. Pada 0 hari nilai Absorpsi<sub>debu batu</sub> 1.946% sampai pada 10 hari Absorpsi<sub>debu batu</sub> 1.946%, sedangkan pada 0 hari Absorpsi<sub>PC</sub> 0.923% sampai pada 10 hari  $VMA_{\text{PC}}$  1.164%. Pada 0 hari nilai Stabilitas rendaman<sub>debu batu</sub> 829.28 kg sampai pada 6 hari Stabilitas rendaman<sub>debu batu</sub> 298.6 kg, sedangkan pada 0 hari Stabilitas rendaman<sub>PC</sub> 991.85 kg sampai pada 6 hari Stabilitas rendaman<sub>PC</sub> 397.8 kg, Pada nilai 0 hari nilai Stabilitas sisa<sub>debu batu</sub> 89.06% sampai pada 6 hari Stabilitas Sisa<sub>debu batu</sub> 61.69% sedangkan pada 0 hari Stabilitas sisa<sub>PC</sub> 89.96, sampai pada 6 hari Stabilitas sisa<sub>PC</sub> 69.78%,

Dari hasil di atas bahan pengisi debu batu dan *portland cement* menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan terhadap nilai karakteristik *modified marshall test* dan kinerja untuk CEBR tipe III jenis *CSS-1 AE-63 S* sampai masa simpan 6 (enam) hari serta cukup memuaskan sebelum dihampar dan dipadatkan dilapangan untuk digunakan pada lapisan perkerasan lentur yang bernilai struktural.

### ***Abstract***

*Emulsions dense graded mixture (CEBR) as flexible pavement has structural characteristics, waterproofing and easy to implementations, because it does not need heating on mixing. The Process that happened in the cool mixture is the existence of juxtaposition between particles aggregates that has alkali characteristic and asphalt emulsion that has acid characteristic, after setting process (separate of asphalt from water in asphalt emulsion). This stickiness formed by process of evaporation cold mixture as long as during storage. This was strengthen guess that as long as periods of evaporation will forming higher asphalt viscosity, until air void in mixture more higher, so when mixture was compact will cause forming CEBR in low level of dense mixture. Starting from this phenomenon, the research will try to see how much influence of variation of storage duration (expressed in day) mixture before compacted to characteristic and performances type III of CEBR by using filler of stone ash as standard and filler of Portland cement as alternative.*

*To find out performances and characteristic from composition material of CEBR type III, examination of Modified Marshall test was done. The Making of Mixture pursuant to special specifications of Bina Marga 1991, the asphalt institute, 1979 ( MS 19). The Way of laboratory examination and analysis of structural was shown by for example: determining cold mix type by making variation of asphalt emulsion content. Beside of that for cold mix IV, characteristics and performances of CEBR mixture type III in variation of storage duration periods on 0 (zero) until 10 (ten) day after by using examination of modified Marshall Test.*

*The Result of research cold mix II eaming job mix formula starting from asphalt emulsion content 8% until 11 % for stone ash as standard filler and for Portland cement obtained the same of optimum asphalt emulsion content which is on 9 % asphalt emulsion content.. As for result research of cold mix IV for variation storage duration 0 (zero) until 10 (ten) with interval 2 (two) day for each, pursuant to special specification Bina Marga 1991, the asphalt institute, 1979 ( MS 19), obtained the tree of void ( VMA, totally void, air void) fulfill requisite, same with air absorption, while the third of stabilization show value of characteristic and performances only at storage duration in sixth day, where as a whole value of characteristic and performance CEBR with Portland Cement as filler much batter than stone ash as filler.*

*From result of above, using filler of stone ash and Portland Cement showing result of fulfilling value of characteristic modified marshal for CEBR type III until storage duration 6 (six) day and quit satisfied, before speeded and compacted on field to be use as layer of flexible pavement as valuable of structural*

## PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan petunjuk-Nya sehingga tesis dengan judul Pengaruh Karakteristik, masa simpan dan Kinerja Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)

Tesis ini disusun sebagai syarat menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Transportasi Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Selama menyelesaikan tesis ini, penulis banyak menerima petunjuk, saran, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada :

- 1) Dr. Ir. Suripin, M. Eng., selaku Ketua Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 2) Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA., Selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 3) Ir. Muhrozi, MS., selaku Dosen Pembimbing I,
- 4) Drs. Bagus Priyatno, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II,
- 5) Dr. Ir. Sri Prabandiyani, M Sc., dan Bagus Hario Setiadji, ST., MT., selaku Tim Pembahas.
- 6) Para dosen dan staf Administrasi Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 7) Pimpinan dan staf Laboratorium Teknik Sipil Akademi Teknologi Semarang,
- 8) Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Mudah-mudahan tesis ini berguna untuk pengembangan lebih lanjut bagi kemajuan *Highway material Engineering*.

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aspal Emulsi	5
2.2 Agregat	16
2.3 Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	19
2.4 Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)	22
2.5 Karakteristik Aspal Emulsi	23
2.6 Karakteristik Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CBER)	24
2.7 Pengaruh Masa Simpan Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat	30
2.8 Hipotesis	30
2.9 Hasil Penelitian yang Relevan	30
III. METODA PENELITIAN	31
3.1 Metoda dan Desain	31
3.2 Bahan Penelitian	33

3.3 Peralatan Penelitian	33
3.4 Pelaksanaan Penelitian	34
a. Tahap Persiapan	34
b. Tahap Pemeriksaan Bahan	34
c. Tahap Perencanaan CEBR Tipe III	35
d. Pengujian <i>Marshall Modified</i>	37
1). Peralatan yang digunakan	37
2). Prosedur Laboratorium	38
a) <i>Cold Mix I / Coating Test</i> (Kadar air penyelimutan)	38
b) <i>Cold Mix II / Kadar air Pematatan</i>	41
c) <i>Cold Mix III / Kadar Aspal Emulsi Optimum</i>	42
d) <i>Cold Mix IV / Variasi masa simpan</i>	46
e) Cara Analisis	48
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil Penelitian	51
a. Hasil Pemeriksaan Karakteristik CEBR tipe III	51
b. Pengujian <i>Cold Mix I (Coating Test)</i>	52
c. Pengujian <i>Cold Mix II / Kadar Air Optimum Pematatan</i>	53
d. Pengujian <i>Cold Mix III (Job Mix Formula)</i> untuk CEBR III	55
e. Pengujian <i>Cold Mix IV (Masa Simpan)</i> untuk CEBR III	60
4.2 Pembahasan	63
a. Pengaruh Masa Simpan terhadap Densitas	63
b. Pengaruh Masa Simpan terhadap VMA, Total Rongga dan Rongga Udara	66
c. Pengaruh Masa Simpan terhadap Kadar Air dan Penyerapan air	70
d. Pengaruh Masa Simpan terhadap Kelelehan Plastis ( <i>Flow</i> )	73
e. Pengaruh Masa Simpan terhadap Stabilitas	74
1) Pengaruh Masa Simpan terhadap Stabilitas Kering	75
2) Pengaruh Masa Simpan terhadap Stabilitas Rendaman	76
3) Pengaruh Masa Simpan terhadap Stabilitas Sisa	79
f. Evaluasi Hasil Laboratorium terhadap Spesifikasi	81

V. KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Aspal Emulsi	14
Tabel 2.2	Lahan penggunaan Aspal Emulsi	15
Tabel 2.3	Unsur Senyawa Kimia Utama <i>Portland Cement</i>	21
Tabel 2.4	Komposisi Umum Oksida-oksida <i>Portland Cement</i> Tipe I	21
Tabel 2.5	Spesifikasi Gradasi CEBR	22
Tabel 2.6	Persyaratan Agregat Kasar CEBR	26
Tabel 2.7	Persyaratan Agregat Halus CEBR	27
Tabel 2.8	Persyaratan Gradasai Tipe III CEBR	27
Tabel.2.9	Fraksi Rencana Campuran	28
Tabel 2.10	Persyaratan Sifat Campuran	29
Tabel 3.1	Persyaratan Aspal Emulsi Kationik Tipe AE CSS-1	35
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Kasar	35
Tabel 3.3	Persyaratan Agregat Halus	35
Tabel 3.4	Hasil analisa Saringan dan Gabungan Agregat	36
Tabel 3.5	Komposisi Agregat Gabungan Hasil Analisa Saringan	36
Tabel 3.6	Rancangan Benda Uji pada <i>Cold Mix I (Coating Test)</i>	40
Tabel 3.7	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan <i>filler</i> Debu Batu	40
Tabel 3.8	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air Untuk benda uji dengan <i>filler Portland Cement</i>	40
Tabel 3.9	Rancangan Benda Uji pada <i>Cold Mix II</i> Pemeriksaan Kadar Air Pematangan	42
Tabel 3.10	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan <i>filler</i> Debu Batu	42
Tabel 3.11	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air Untuk benda uji dengan <i>filler Portland Cement</i>	42
Tabel 3.12	Rancangan Benda Uji pada <i>Cold Mix III</i> Kadar Aspal Emulsi Optimum	43

Tabel 3.13	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan kadar <i>filler</i> Debu Batu 4,6 %	44
Tabel 3.14	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air Untuk benda uji dengan kadar <i>filler Portland Cement</i> 3,8 %	45
Tabel 3.15	Rancangan jumlah Benda Uji pada <i>Cold Mix</i> IV	47
Tabel 3.16	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan kadar <i>filler</i> Debu Batu 4,6 %	47
Tabel 3.17	Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air Untuk benda uji dengan kadar <i>filler Portland Cement</i> 3,8 %	47
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi Kationik Tipe AE-63 S	51
Tabel 4.2.	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	51
Tabel 4.3.	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	51
Tabel 4.4.	Hasil Pemeriksaan <i>Filler</i>	51
Tabel 4.5	Hasil Pengujian <i>Coating</i> untuk <i>Filler</i> Debu Batu	52
Tabel 4.6	Hasil Pengujian <i>Coating</i> untuk <i>Filler Portland Cement</i>	52
Tabel 4.7	Perhitungan Kadar Air Optimum Pematatan <i>Filler</i> Debu Batu	53
Tabel 4.8	Perhitungan Kadar Air Optimum Pematatan <i>Filler PC</i>	54
Tabel 4.9	Persyaratan Sifat <i>Marshall</i> CEBR Tipe III	55
Tabel 4.10	Hasil <i>Test Marshall</i> pada kadar <i>Filler Debu Batu</i> 4,6 %	55
Tabel 4.11	Hasil <i>Test Marshall</i> pada kadar <i>Filler PC</i> 3,8 %	56
Tabel 4.12	Persyaratan Sifat <i>Marshall</i> CEBR Tipe III	60
Tabel 4.13	Hasil <i>Test Marshall</i> pada kadar Aspal Emulsi 9 % <i>Filler</i> Debu Batu	61
Tabel 4.14	Hasil <i>Test Marshall</i> pada kadar Aspal Emulsi 9 % <i>Filler PC</i>	61
Tabel 4.15	Nilai Densitas vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	65
Tabel 4.16	Nilai Densitas vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	65
Tabel 4.17	Nilai VMA, Total Rongga dan Rongga Udara vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	68
Tabel 4.18	Nilai VMA, Total Rongga dan Rongga Udara vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	68

Tabel 4.19	Nilai Kadar Air dan Absorpsi vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	71
Tabel 4.20	Nilai Kadar Air dan Absorpsi vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	71
Tabel 4.21	Nilai Kelelehan Plastis (flow) vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	73
Tabel 4.22	Nilai Kelelehan Plastis (flow) vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	73
Tabel 4.23	Nilai Stabilitas Kering vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	75
Tabel 4.24	Nilai Stabilitas Kering vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	76
Tabel 4.25.	Nilai Stabilitas Rendaman vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	77
Tabel 4.26.	Nilai Stabilitas Rendaman vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	77
Tabel 4.27.	Nilai Stabilitas Sisa vs Masa Simpan CEBR Debu Batu	79
Tabel 4.28.	Nilai Stabilitas Sisa vs Masa Simpan CEBR <i>PC</i>	79
Tabel 4.29	Perbandingan hasil <i>test Marshall</i> dengan Spesifikasi Bina Marga 1991	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Pembuatan Aspal Emulsi	5
Gambar 2.2.	<i>Emusifier Anionik, Kationik dan Non-ionik</i>	6
Gambar 2.3.	Prinsip Diagram dari <i>Colloid Mill</i>	7
Gambar 2.4.	Prinsip Diagram dari <i>Batch Plant</i>	8
Gambar 2.5.	Prinsip Diagram dari <i>Continuous Plant</i>	8
Gambar 2.6.	Proses <i>Settlement</i>	9
Gambar 2.7.	Proses Flokulasi	10
Gambar 2.8.	Proses <i>Coalescence</i>	10
Gambar 2.9.	Ion-ion <i>Emulsifier</i> membentuk <i>Mescelle</i> pada larutan stabil	11
Gambar 2.10.	Diagram Skematik <i>Breaking Proses</i>	12
Gambar 2.11.	Klasifikasi Muatan Listrik	16
Gambar 2.12.	Daerah Efektif untuk Aspal Emulsi Kationik dan Anionik	16
Gambar 2.13.	Perilaku Aspal Emulsi terhadap Agregat	16
Gambar 2.14.	Kondisi <i>Elektical Double Layer</i>	24
Gambar 2.15.	Spesifikasi Gradasi Agregat Campuran CEBR III	28
Gambar 3.1.	Bagan Penelitian Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)	32
Gambar 3.2.	Gradasi Agregat Campuran CEBR Tipe III	37
Gambar 4.1.	Kadar Air Optimum untuk <i>Filler</i> Debu Batu	53
Gambar 4.2.	Kadar Air Optimum untuk <i>Filler Portland Cement</i>	54
Gambar 4.3.	Grafik Nilai Karakteristik untuk Penentuan Aspal Emulsi Optimum	56
Gambar 4.4.	Penentuan Nilai Kadar Aspal Emulsi Optimum	60
Gambar 4.5.	Hubungan Masa Simpan dengan Nilai-nilai Hasil <i>Test Modified Marshall</i> pada Kadar Aspal Emulsi Optimum Untuk <i>Filler</i> Debu Batu dan <i>Filler PC</i>	63
Gambar 4.6.	Grafik Densitas Basah dan Kering terhadap Masa Simpan	65
Gambar 4.7.	Grafik <i>VMA</i> terhadap Masa Simpan	68
Gambar 4.8.	Grafik Total Rongga terhadap Masa Simpan	69
Gambar 4.9.	Grafik Rongga Udara terhadap Masa Simpan	69

Gambar 4.10. Grafik Nilai Kadar Air terhadap Masa Simpan	72
Gambar 4.11. Grafik Absorpsi terhadap Masa Simpan	72
Gambar 4.12. Grafik <i>Flow</i> terhadap Masa Simpan	74
Gambar 4.13. Grafik Stabilitas Kering terhadap Msa Simpan	76
Gambar 4.14. Grafik Stabilitas Rendaman terhadap Msa Simpan	78
Gambar 4.15. Grafik Stabilitas Sisa terhadap Msa Simpan	80

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Sertifikat Kalibrasi	1
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	4
Lampiran 3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	5
Lampiran 4	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Debu Batu dan <i>PC</i>	6
Lampiran 5	Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles Dan Kelekatan Agregat terhadap Aspal	7
Lampiran 6	Pemeriksaan Kadar Air Agregat, Kekentalan dan Campuran Aspal Emulsi dengan semen	8
Lampiran 7	Pemeriksaan Stabilitas Penyimpanan untuk 1 (satu) Hari	9
Lampiran 8	Pemeriksaan Stabilitas Penyimpanan untuk 5 (lima) Hari	10
Lampiran 9	Pemeriksaan Analisa Saringan Aspal Emulsi, <i>Particle Change Of Emulsified Asphalt</i>	11
Lampiran 10	Bahan Susun Kadar air Penyelimutan ( <i>Coating Test</i> ) <i>Cold Mix I</i>	12
Lampiran 11	Perhitungan Kadar air Optimum <i>Filler</i> Debu Batu <i>Cold Mix II</i>	13
Lampiran 12	Perhitungan Kadar air Optimum <i>Filler PC</i> <i>Cold Mix II</i>	14
Lampiran 13	Perhitungan Kadar Aspal Optimum <i>Filler</i> Debu Batu <i>Cold Mix III</i>	15
Lampiran 14	Perhitungan Kadar Aspal Optimum <i>Filler PC</i> <i>Cold Mix III</i>	20
Lampiran 15	Pemeriksaan Kadar Air Benda Uji <i>Filler</i> Debu Batu	25
Lampiran 16	Pemeriksaan Kadar Air Benda Uji <i>Filler PC</i>	26
Lampiran 17	Sifat Campuran Agregat, Aspal Emulsi dengan Metoda <i>Marshall</i> pada <i>Cold Mix III</i> untuk <i>Filler</i> Debu Batu	27
Lampiran 18	Sifat Campuran Agregat, Aspal Emulsi dengan Metoda <i>Marshall</i> pada <i>Cold Mix III</i> untuk <i>Filler PC</i>	31

Lampiran 19	Pemeriksaan Kadar Air Benda Uji Masa Simpan <i>Cold Mix IV Filler</i> Debu Batu	35
Lampiran 20	Pemeriksaan Kadar Air Benda Uji Masa Simpan <i>Cold Mix IV Filler PC</i>	36
Lampiran 17	Sifat Campuran Agregat, Aspal Emulsi dengan Metoda <i>Marshall</i> pada <i>Cold Mix III</i> untuk <i>Filler</i> Debu Batu	27
Lampiran 18	Sifat Campuran Agregat, Aspal Emulsi dengan Metoda <i>Marshall</i> pada <i>Cold Mix III</i> untuk <i>Filler PC</i>	31

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$\gamma_w$	= Berat Volume air (gram/cc)
$\mu$	= Berat Jenis Lilin (gram/cc)
A	= Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )
AASHTO	= <i>Association of American Society Highway Transport Organization</i>
AE	= Aspal Emulsi
BJ Agregat C	= Berat Jenis campuran Agregat Curah ( $\text{kg/m}^3$ )
BJ Agregat S	= Berat Jenis campuran Agregat Semu ( $\text{kg/m}^3$ )
BJ Agregat E	= Berat Jenis campuran Agregat Efektif ( $\text{kg/m}^3$ )
BJ Aspal	= Berat jenis Aspal ( $\text{kg/m}^3$ )
BURDA	= Laburan dua lapis
BURTU	= Laburan satu lapis
CEBR	= Campuran Emulsi Bergradasi Rapat
CRS	= <i>Cationic Rapid Setting</i>
CMS	= <i>Cationic Medium Setting</i>
CSS	= <i>Cationic Slow Setting</i>
DGEM	= <i>Dense Graded Emulsion Mixed</i>
MS	= <i>Medium Setting</i>
OGEM	= <i>Open Graded Emulsion Mixed</i>
OPC	= <i>Ordinary Portland Cement</i>
P	= Kadar aspal emulsi prakiraan
PC	= <i>Portland Cement</i>
RS	= <i>Rapid Setting</i>
Ss	= Stabilitas sisa ( % )
Sb	= Stabilitas basah ( kg )
Sk	= Stabilitas kering ( kg )
SRPC	= <i>Sulphate Resisting Portland Cement</i>
SS	= <i>Slow Setting</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
T	= Waktu aliran tertampung ( detik )

V = Volume rembesan ( cm<sup>3</sup> )  
VFA = *Voids filled with asphalt*  
VIM = *Voids in the mixture*  
VMA = *Voids in mineral agregate*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Highway material engineering* merupakan salah satu disiplin ilmu yang masih jarang mendapat sentuhan perhatian dari para pakar jalan raya di Indonesia, terlihat dari masih terbatasnya inovasi teknologi material yang berakar dari sumber daya lokal dan digunakan untuk mendukung kebutuhan teknologi pembangunan jalan raya. Salah satu upaya rekayasa *Highway material engineering* adalah dengan penelitian mengenai uji karakteristik bahan untuk menentukan proporsi campuran yang tepat dari bahan alternatif yang digunakan untuk konstruksi lapis perkerasan lentur campuran dingin dengan gradasi rapat.

Aspal emulsi merupakan salah satu hasil diversifikasi bahan dan teknologi dari salah satu alternatif penggunaan aspal semen. Perkembangan aspal emulsi dan alat penghamparnya memberikan pemecahan bagi masalah konstruksi dan pemeliharaan, di samping sifat *workability* aspal emulsi juga memberikan penghematan biaya konstruksi. Dengan pemilihan jenis yang tepat, aspal emulsi dapat berfungsi sebagai lapisan structural, sehingga sangat digunakan pada daerah-daerah tepi pantai dimana konstruksi jalannya sering terendam air.

Campuran aspal emulsi bergradasi rapat dipengaruhi juga oleh masa simpan dari campuran itu sendiri, seberapa lama campuran itu masih dapat digunakan sebagai lapis permukaan. Campuran aspal emulsi bergradasi rapat banyak digunakan di beberapa daerah untuk pemeliharaan jalan, dimana campuran yang akan digunakan masih menunggu kesiapan lapangan sehingga mengalami penyimpanan, masa simpan untuk campuran tersebut perlu diperhitungkan dan diperkirakan seberapa lama penyimpanan tersebut yang dapat diperbolehkan untuk digunakan. Hal itu sangat dipengaruhi oleh karakteristik dan kinerja dari campuran aspal emulsi itu sendiri, apabila masa simpan terlampaui maka campuran itu tidak bisa digunakan lagi, hal ini akan sangat mempengaruhi konstruksi jalan tersebut. Karena masa simpan akan berpengaruh terhadap kinerja campuran emulsi yaitu pada VMA (*voids in material agregat*), density, absorpsi, stabilitas rendaman, stabilitas sisa dan flow.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilaksanakan Penelitian ini untuk mengetahui/mendapatkan beberapa hal berikut ini :

- a. Untuk mengetahui kinerja atau kemampuan campuran aspal emulsi bergradasi rapat dengan menggunakan *filler* semen dan debu batu sebagai standar sampai masa simpan terhadap parameter campurannya, yaitu : *total void*, *density*, *absorpsi*, *stabilitas* dan *flow*.
- b. Membandingkan parameter campuran CEBR menggunakan *filler* semen dengan debu batu sebagai standarnya, pada masing-masing masa simpan (0, 2, 4, 6, 8, 10) hari.

Sedangkan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aspal emulsi kationik CSS-1 pada masing-masing masa simpan, sejauhmana tingkat aspal emulsi dapat digunakan sebagai perekat untuk digunakan pada campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR) tipe III terhadap stabilitas dan fleksibilitasnya.

Metoda pengujian terhadap stabilitas dan fleksibilitas menggunakan Modifikasi Campuran aspal cara dingin dengan *Marshall Test* (AASHTO 245-1982) yang hasilnya mengacu pada spesifikasi Bina Marga 1991 dan *Asphalt Institute MS 19 tahun 1979*. Dari hasil pengujian ini akan diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Stabilitas Kering, Rendaman dan Sisa, menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*).
- b. Nilai VMA (*voids in material agregat*) rongga dalam agregat, adalah rongga udara antar agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, dalam prosen terhadap total volume, merupakan indikator dari durabilitas, kemungkinan *bleeding*.
- c. Nilai VFA (*voids filled with asphalt*) rongga terisi aspal, yaitu prosen rongga dalam agregat yang terisi aspal.
- d. Nilai VIM (*voids in the mixture*) rongga dalam campuran padat, prosen rongga udara antara butir agregat terbungkus aspal merupakan indikator dari keawetan, yang menyebabkan deformasi atau retak.
- e. Densitas (kerapatan campuran), merupakan derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan.

- f. Kelelahan plastis (*flow*) menunjukkan besarnya deformasi (penurunan vertikal) terhadap benda uji.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan memberikan seberapa besar pengaruh daya lekat aspal emulsi setelah akhir masa simpan aspal emulsi jenis kationik CSS-1 campuran aspal emulsi bergradasi rapat tipe III, terhadap nilai strukturalnya dalam memberikan pelayanan beban lalu lintas kendaraan serta seberapa besar kesesuaian spesifikasi teknisnya diterapkan dengan mempertimbangkan pemakaian agregat setempat dan jenis aspal emulsi dengan spesifikasi Gradasi Agregat ideal *Asphalt Institute MS-19* dan spesifikasi Bina Marga 1991. Dengan demikian akan diperoleh hasil *job mix formula cold mix* aspal emulsi bergradasi rapat yang lebih optimal dengan penghematan biaya, mobilisasi, dan kemudahan pekerjaannya.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini mengkaji pengaruh karakteristik, masa simpan (0, 2, 4, 6, 8, 10) dan kinerja aspal emulsi jenis kationik *AE CSS - 1* pada campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR) Tipe III, menggunakan *filler* semen dan debu batu sebagai standarnya, terhadap nilai karakteristik Marshall, dengan kombinasi gabungan agregat kasar, sedang, halus dari S.Progo Kab.Magelang dan menggunakan spesifikasi gradasi agregat *The Asphalt Institute MS - 19 (1979)* dan spesifikasi khusus Bina Marga (1991). Reaksi kimia dalam campuran tidak dibahas.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis didasarkan pada buku Pedoman Penyusunan dan Penulisan Tesis Magister Teknik Sipil. Penulisan tesis, dibagi dalam lima bab, yaitu :

a. Bab I. Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penulisan tesis, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

b. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan dari penelitian serta hipotesa.

c. Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini membahas mengenai tahapan dan cara penelitian serta uraian tentang pelaksanaan penelitian.

d. Bab IV. Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang hasil-hasil penelitian dan juga menganalisa hasil penelitian serta pembahasannya. Hasil ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik dan tabel. Hasil yang akan ditulis dalam kesimpulan harus terlebih dahulu dimunculkan dalam bagian pembahasan ini.

e. Bab V. Kesimpulan dan saran

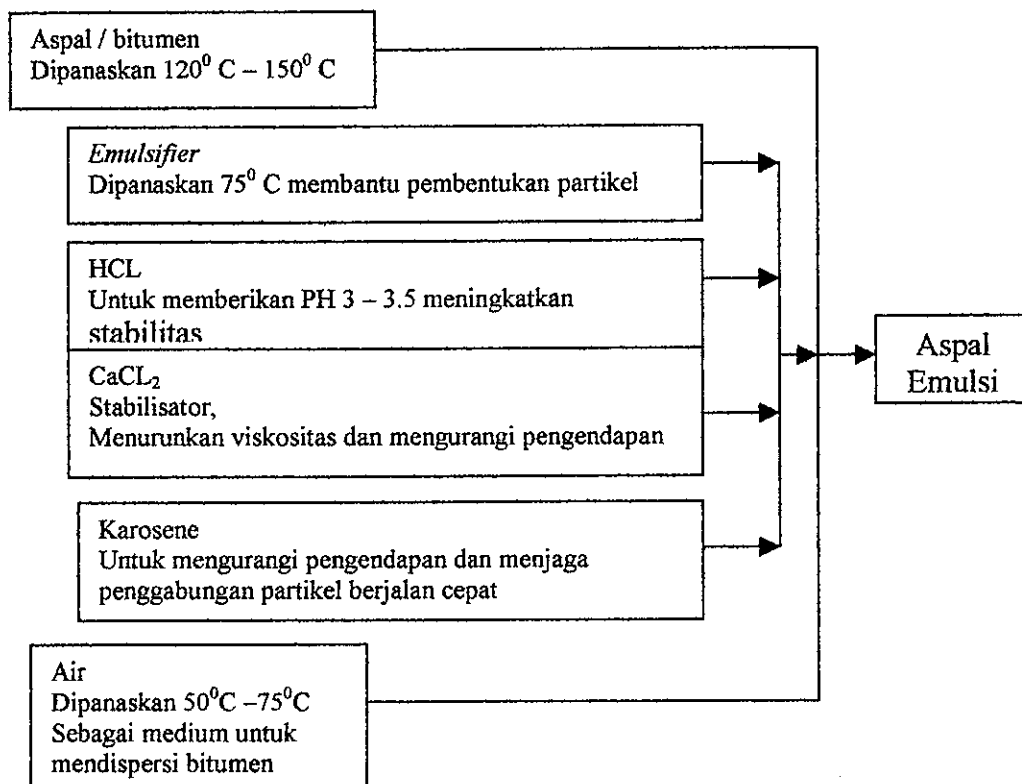
Bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan setelah melakukan analisa dan pembahasan. Kesimpulan merupakan rangkuman hasil-hasil pembahasan secara rinci, bab ini juga berisikan saran-saran yang didasarkan pada hasil penelitian dan diharapkan diadakannya penelitian lanjutan, mengingat batasan-batasan pada penelitian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Aspal Emulsi

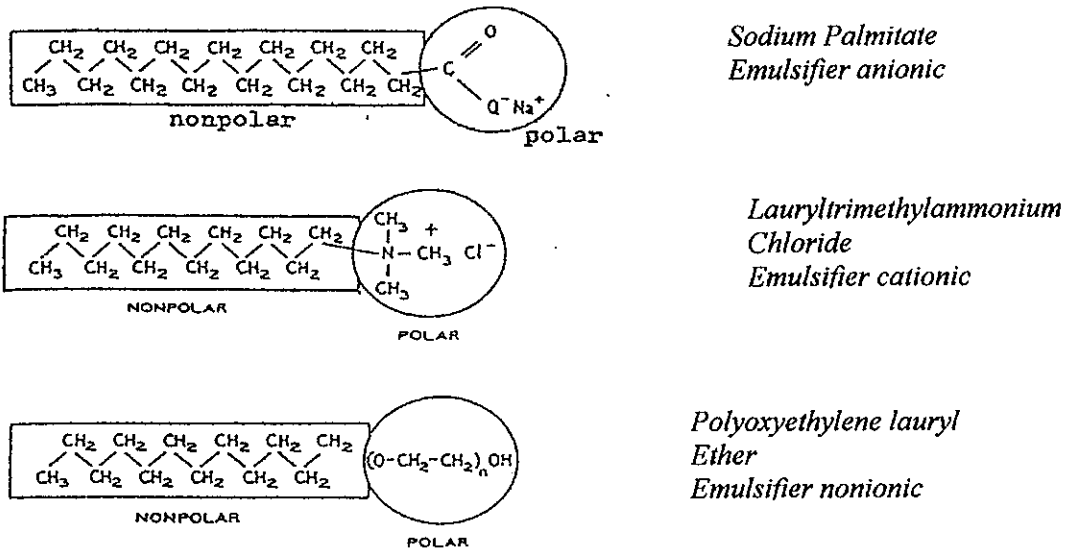
Aspal emulsi merupakan aspal yang didispersikan secara merata ke dalam air. Untuk dapat mendispersikan aspal yang bersifat non polar ke dalam air yang bersifat polar diperlukan bahan pengemulsi atau *emulsifier* yang molekulnya memiliki bagian polar dan non polar, bagian polar dari emulsifier akan larut dalam air, sedangkan bagian non polar akan larut dalam aspal. Bila aspal, air dan *emulsifier* masing-masing dalam jumlah yang optimum dicampur dengan alat *colloid mill* pada temperatur tertentu, akan menyebabkan terbentuknya butiran-butiran kecil aspal yang terlapisi lapisan polar dari *emulsifier* hingga aspal tersebut dapat terdispersi dalam air. (Pusat Penelitian dan Pengembangan jalan, 1996), Seperti terlihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1** Proses pembuatan aspal emulsi

Fungsi dari bahan pengemulsi ini adalah untuk mengubah susunan partikel aspal di dalam aspal emulsi agar memisah dari airnya dan melekat pada permukaan agregat.

Pada aspal emulsi dikenal tiga jenis *emulsifier* yang biasa digunakan yaitu *emulsifier* kationik, *emulsifier* anionik dan *emulsifier* non nionik. *Emulsifier* kationik digunakan untuk membuat aspal emulsi kationik, *emulsifier* anionik digunakan untuk membuat aspal emulsi anionik dan *emulsifier* non nionik digunakan untuk membuat aspal emulsi non nionik, seperti terlihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2.** Emulsifier Anionik, Kationik dan non-ionik.

Dari ke tiga jenis aspal tersebut yang banyak digunakan adalah aspal emulsi jenis kationik dan anionik, namun khusus di Indonesia saat ini baru di produksi aspal emulsi jenis kationik.

Dilihat dari jenis agregat, sebagian besar wilayah Indonesia memiliki sumber-sumber agregat dengan komponen terbesar SiO<sub>2</sub>(silika), hal ini menunjukkan agregat tersebut cenderung bermuatan negatif sehingga untuk jenis konstruksi perkerasan jalan dengan bahan ikat aspal emulsi akan lebih baik jika digunakan aspal emulsi yang bermuatan positif yaitu aspal emulsi kationik. (Pusat Penelitian dan Pengembangan jalan, 1996).

## 1. Pembuatan Emulsi

Pembuatan aspal emulsi dapat digunakan tipe *Batching Plant* ataupun *Continuous Plant* yang digabungkan dengan peralatan *Colloid Mill*. Dalam proses pembuatan, larutan pengemulsi dan aspal dilewatkan melalui *colloid mill*, dimana proses pengemulsifikasian terjadi. Melalui pompa akan mengisikan larutan pengemulsi

dan aspal ke mill. Larutan pengemulsi terdiri dari air, pengemulsi, asam dan jika diperlukan diberi stabilisir, yang tercampur dengan baik dalam proporsi dimana larutan seragam dengan *pH* yang tepat. Emulsi keluar dari mill dalam keadaan panas, yang disimpan dalam tangki penyimpanan untuk didinginkan sebelum ditransferkan ke tangki/drum penyimpanan akhir.

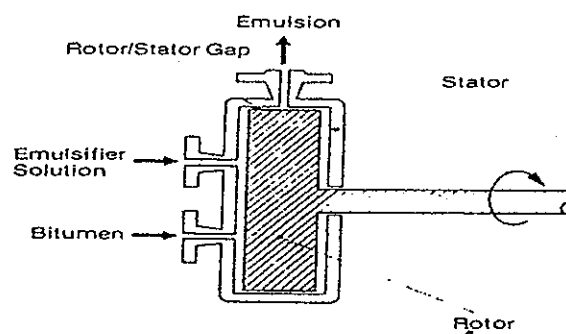
Temperatur dalam pelaksanaan pembuatan aspal emulsi adalah sebagai berikut :

Penetrasi	180 / 200	80 / 100	40 / 50
Aspal	140 <sup>0</sup> C	150 <sup>0</sup> C	160 <sup>0</sup> C
Emulsifier	55 <sup>0</sup> C	45 <sup>0</sup> C	35 <sup>0</sup> C

#### a. Colloid Mills

Bagian utama dari *Colloid Mills* adalah stator dan rotor yang disusun untuk memberikan gap/jarak yang sempit, biasanya 0,2 sampai 0,6 mm.

Pada *colloid mills* mempunyai alat pencampur pada pintu masuknya, dimana aspal didispersikan kedalam bentuk butiran, ini untuk menghindarkan aspal murni masuk kedalam celah. Agar memperoleh hasil yang baik, beberapa rotor mempunyai galur-galur pada permukaannya. Keluaran dari *colloid mills* ini dapat menghasilkan ratusan kilogram/jamnya. seperti terlihat pada Gambar 2.3.

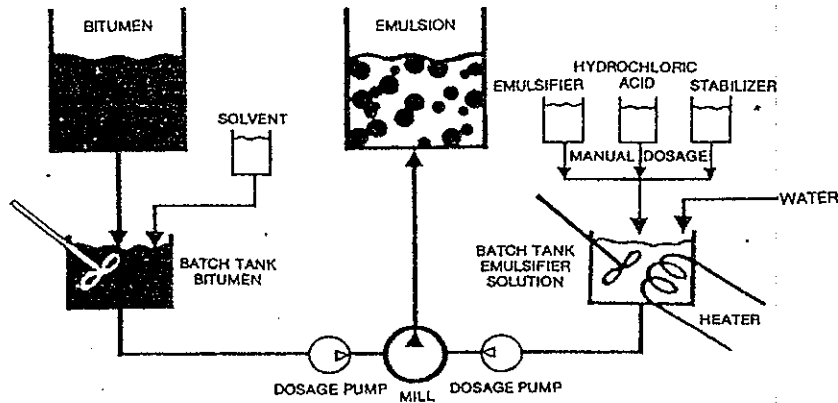


**Gambar 2.3 :** Prinsip diagram dari *Colloid mill*  
 Sumber: *Scan Road*, 1991

#### b. Batching Plant

Pada *Batching Plant* larutan pengemulsi dan aspal disiapkan dalam jumlah dan temperatur yang tepat. Aspal disimpan pada tangki penyimpanan dan dipompakan melalui tangki batching. Pengencer ditambahkan bila diperlukan dan dicampur dengan bitumen. Tangki *batching plant* biasanya dilengkapi dengan indikator level demikian juga pada pompa sehingga tingkat akurasinya sangat baik.

Mekanisme produksi aspal emulsi di *batching plant* seperti digambarkan dibawah ini.(Gambar 2.4)

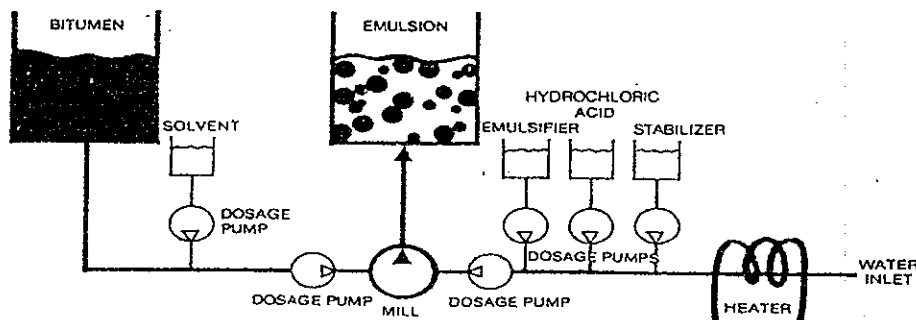


**Gambar 2.4 :** Prinsip diagram dari *Batch plant*  
 Sumber : *Scan Road*, 1991

c. *Continuous Plants*

*Continuous Plants* tidak mempunyai tangki *batching*, aspal dan *emulsifier* dimasukkan secara langsung. *emulsifier* dipersiapkan secara otomatis dan disesuaikan dengan formulasi yang ditetapkan dengan menyuntikkan *emulsifier*, asam dan *stabiliser* ke dalam air, dimana reaksi antara *emulsifier* dan asam terjadi sebelum air masuk ke mills.

Air dipanaskan sampai temperatur yang sesuai dan menerus. *Continuous Plants* membutuhkan *emulsifier* yang dengan mudah mendispersi di dalam air agar mempercepat reaksi dengan asam. Pemeriksaan pH, dilakukan pada air sebelum di proses. Mekanisme dari *continuous Plants* seperti pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 :** Prinsip diagram dari *Continuous Plants*  
 Sumber: *Scan Road*, 1991

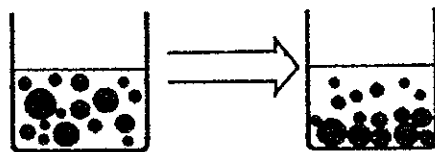
Keuntungan *Continuous Plants* dengan *Batching plants* adalah sebagai berikut :

- 1) Dengan cepat dapat mengubah pembuatan tipe aspal emulsi sesuai dengan permintaan,
- 2) Dibutuhkan sedikit tenaga kerja dan biaya perawatan,
- 3) Resiko keselamatan kerja yang berkaitan dengan proses kimia hampir dapat dihilangkan,
- 4) Pemanfaatan yang lebih efisien dengan mengurangi batching.

## 2. Sifat – sifat Emulsi

### a. *Settlement*

*Settlement* adalah suatu proses, dimana fase aspal atau salah satu bagiannya bergerak ke arah dasar dari dasar tempat emulsi (lihat Gambar : 2.6)



Gambar 2.6 : Proses *settlement*

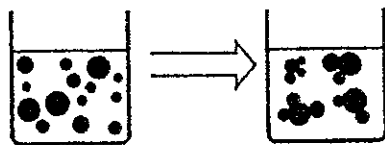
Suatu penurunan emulsi diartikan bahwa emulsi tidak stabil. Dalam keadaan seperti ini pengadukan tidak dapat mengembalikan kualitas dari emulsi. Derajat penurunan daripada suatu emulsi mengindikasikan waktu penyimpanannya. *Settlement* dalam suatu emulsi terjadi karena gaya gravitasi dan perbedaan kepadatannya antara dua fase. Seandainya perbedaan ini kecil, *settlement* mungkin masih terjadi, jika emulsi mengandung butiran besar dan kandungan aspal lebih rendah dari 65 %. Kecepatan butiran-butiran bergerak tergantung pada kandungan aspal pada emulsi dan berkurang dengan meningkatnya kandungan aspal. Pada emulsi yang mengandung lebih dari 65 %, umumnya *settlement* diabaikan. Beberapa metoda yang digunakan untuk mengurangi dan menjaga *settlement* :

- 1) Mengurangi kepadatan fase aspal dengan menambah bahan pengencer/*solvent*,
- 2) Meningkatkan viskositas fase air dengan menambahkan suatu bahan pengental,
- 3) Mencegah flokulasi dengan mengubah tipe dan konsentrasi penstabil dan emulsifier atau dengan mengubah *pH*nya,
- 4) Mengurangi ukuran butiran, sebagai contoh dengan *mills*,

5) Memperbaiki kondisi penyimpanan, contohnya dengan menjaga emulsi pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur dasar. Dalam beberapa kasus butiran-butiran aspal dapat naik ke atas, ini dapat terjadi, bila kepadatan aspal lebih rendah dari kepadatan fase air. Yaitu pada kadar pengencer yang tinggi pada aspal.

b. Flokulasi

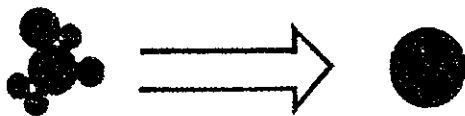
Flokulasi adalah suatu proses dimana butiran-butiran emulsi mulai saling menempel. Kadang-kadang terdapat butiran besar dengan butiran yang lebih kecil mengelilinginya. Butiran yang sudah menempel dapat dipisahkan lagi dengan pengadukan, seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 : Proses Flokulasi

c. Coalescence

Bila butiran-butiran dalam suatu emulsi bergabung membentuk butiran yang lebih besar, ini disebut penggabungan (*coalescence*). Flokulasi seringkali diikuti dengan penggabungan. Penggabungan dapat terjadi karena gerakan mekanis seperti pengadukan, pemompaan dan penggetaran. Penggabungan terjadi dalam proses penguraian dan masih tergantung pada tipe agregatnya, seperti terlihat pada Gambar 2.8.



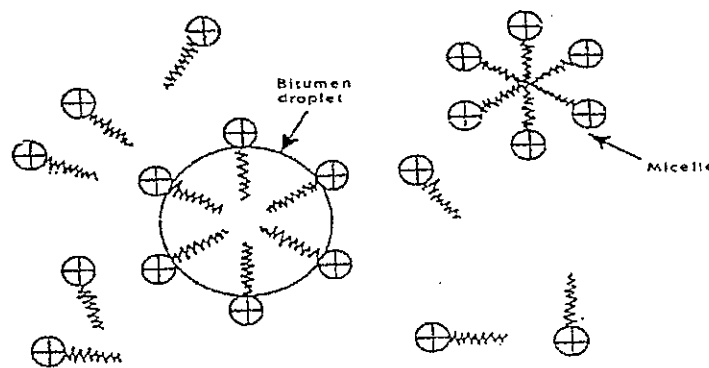
Gambar 2.8 : Proses *Coalescence*

d. Breaking

Tujuan utama pengemulsian aspal adalah mengubah menjadi keadaan cair pada temperatur dasar. Emulsi harus dalam keadaan stabil selama penyimpanan dan pengangkutan, tetapi jika diterapkan pada agregat mineral atau permukaan perkerasan, emulsi akan *breaking*, pada tingkat prakiraan. Tingkat *breaking* secara luas dikontrol dengan tipe dan ukuran pengemulsi. Tetapi faktor-faktor lain juga memiliki pengaruh pada tingkat *breaking*, seperti tipe agregat, temperatur dan kondisi iklim lainnya.

Kadang-kadang agregat dikelompokkan sebagai alkalin atau bersifat asam. Batu kapur merupakan contoh agregat alkalin dan yang bersifat asam berupa batu granit dan kuarsa. Tetapi gambaran sesungguhnya lebih kompleks. Sering agregat terdiri dari salah satu mineral murni dan bahkan mineral murni mengandung komponen alkalin dan asam, jika agregat disusun menurut kandungan silika dan karbonatnya gambaran kasar terhadap angka positif dan negatif pada permukaan agregat. Beberapa agregat juga dapat terkontaminasi dengan partikel tanah liat (*clay*), yang walaupun dalam jumlah kecil akan meningkatkan tingkat breaking.

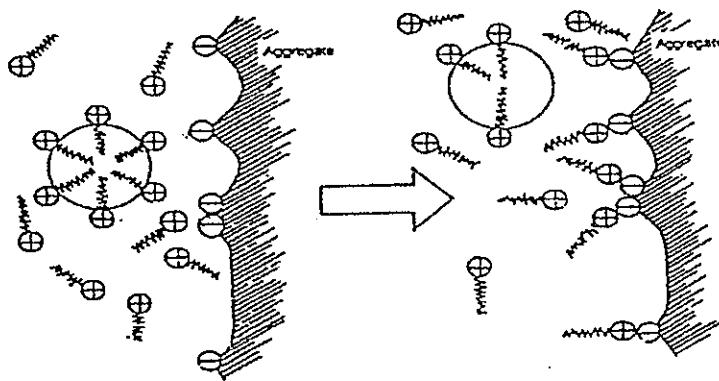
Emulsi yang terdiri ion pengemulsi dalam fase air dan pada permukaan butiran, jika konsentrasi ion pengemulsi tinggi ion-ion akan membentuk *micelle*. Dalam emulsi stabil keadaan keseimbangan terjadi antara ion-ion dalam larutan dan ion-ion pada permukaan butiran seperti terlihat pada Gambar 2.9.



**Gambar: 2.9.** Ion-ion emulsifier membentuk *micelle* dalam larutan yang stabil

Sumber : *The Shell Bitumen*, 1991

Jika dalam emulsi stabil keseimbangan terganggu dengan hilangnya ion pengemulsi dari larutan, keseimbangan akan dikembalikan oleh ion-ion yang dikeluarkan dari *micelle*, atau oleh ion-ion yang keluar dari permukaan butiran. Stabilitas emulsi akan berkurang, dan akan melakukan proses penggabungan, bahkan akan mengakibatkan *breaking*. Ini akan terjadi bila suatu emulsi digunakan pada permukaan agregat mineral. Daya elektris pada permukaan batu dengan cepat menyerap sejumlah ion pengemulsi dari fase air emulsi. Jadi mengurangi jumlah ion pengemulsi pada butiran dimana proses breaking berawal lihat Gambar 2.10.



**Gambar : 2.10.** Diagram skematik *Breaking Proses*  
 Sumber : *The Shell Bitumen, 1991*

Penyerapan ion-ion pengemulsi pada permukaan agregat mengubah sifat permukaannya dari *hidrophilic* ke *lipophilic*, sehingga aspal yang dikeluarkan dalam proses breaking dapat dengan mudah menempel pada permukaan agregat. Karena kebanyakan agregat yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan memiliki kandungan listrik negatif pada permukaannya. Emulsi kationik umumnya lebih cocok daripada emulsi anionik. Kutub positif pada butiran emulsi kationik tertarik oleh kutub negatif agregat, sementara hanya ada jumlah kutub positif yang terbatas yang dapat menarik kutub negatif emulsi anionik.

Akhirnya emulsi anionik akan terurai pada agregat berkutub negatif, tetapi breaking ini terjadi karena penguapan fase air atau karena penyerapan fase air pada agregat berporus. Jika air dihilangkan dari fase air emulsi, maka ketersediaan ruang untuk butiran aspal berkurang, yang menyebabkan naiknya tekanan pada butiran. Selama proses penggabungan sebagian fase air akan terperangkap ke dalam fase aspal dan membentuk butiran air. Emulsi telah berubah dan wujudnya seperti aspal. Air yang terperangkap lambat laun akan menguap dan kembali menjadi sifat asalnya. Ini akan memakan waktu beberapa jam pada temperatur dasar.

Kondisi iklim yang berbeda dari temperatur dasar, sebagaimana kelembaban relatif dan kecepatan angin, mengakibatkan penguapan pada fase air. *Breaking* juga dapat ditingkatkan dengan tenaga mekanis, seperti getaran dari roller atau repetisi lalu-lintas. Pengaruh dari agregat tidak terbatas pada sifat kimianya, bentuk fisik juga berpengaruh pada tingkat breaking. Agregat dengan proporsi pengisi tinggi akan menyebabkan cepatnya *breaking* daripada agregat dengan pengisi sedikit. Ini karena luasnya permukaan material yang memberikan lebih banyak kutub elektriknya.

e. Adhesi

Adhesi merupakan akibat logis dari *breaking*. Untuk emulsi anionik dengan agregat bersifat asam, misalnya silika, merupakan kation dan organik ( $K^+$  atau  $Na^+$ ) dalam pengemulsi yang diserap pada permukaan silika. Kation ini tidak memberikan sifat *oleophilic* pada permukaannya dimana diserap, dan juga tidak mempunyai efek aktif permukaan. Akibatnya resultan adhesinya sangat jelek.

Disisi lain, emulsi kationik bekerja dengan penyerapan yang kuat pada agregat yang bersifat asam atau dasar kation organik ( $R - NH_3^+$ ) yang terdapat dipermukaannya. Kation ini memberikan sifat *oleophilic* terhadap permukaan dimana aspal diserap, dan mempunyai pengaruh menghilangkan air yang terdapat di permukaan agregat. Dalam cara ini pengemulsi kationik bertindak sebagai *agent* anti-stripping setelah terlepas dari emulsi. Untuk memperoleh hasil yang terbaik dengan menggunakan *amine hidroklorida* sebagai agent pengemulsi pHnya harus dibawah 4,5, karena stabilitas penyimpanan emulsi tergantung pada kelengkapan ionisasi *amine hidroklorida*, yang terjadi hanya pada pH dibawah 4,5. Pada pH yang sangat rendah proton dari asam *hidroklorit* bebas cenderung menetralsir daerah kutub negatif permukaan agregat yang mengurangi ruang yang cukup untuk *ion amine*.

Setelah proses *breaking* berlangsung, secara perlahan aspal akan berpisah dengan air. Agregat sekarang diselimuti oleh bitumen yang terlepas dari *emulsifier*. Proses pemisahan aspal dari airnya dan kemudian melekat/mengikat pada permukaan agregat ini disebut *setting* (Sukarno AW, 1992).

Sehubungan dengan proses *setting* ini, aspal emulsi dapat dikategorikan dalam 3 kelompok yaitu :

- 1) *Slow Setting (SS)*, merupakan aspal emulsi dengan tipe pengikatan lambat, digunakan untuk campuran dengan menggunakan agregat halus.
- 2) *Medium Setting (MS)*, merupakan aspal emulsi dengan tipe pengikatan sedang, digunakan untuk campuran dengan menggunakan agregat kasar.
- 3) *Rapid Setting (RS)*, merupakan aspal emulsi dengan tipe pengikatan cepat tidak dapat di campur dengan agregat, tetapi sebagai lapis perekat antar lapisan.

Aspal emulsi yang di tulis dengan huruf "C" dikenal sebagai aspal emulsi kationik, sedangkan yang tanpa huruf "C", adalah aspal emulsi anionik. Disamping penamaan seperti di atas, dikenal pula penulisan dengan huruf "h" yang mengikuti tipe

aspal emulsi, misalnya *CSS-1h*, huruf "h", menunjukkan kekesatan dari bahan bitumennya. Selain itu masih ada penamaan dengan tambahan huruf "HF" yang merupakan kependekan dari *High foat*, menunjukkan kemampuan aspal dalam menahan gangguan air.

*The Asphalt Institute MS-19,1979* mempunyai pengembangan dari standar klasifikasi untuk tingkat aspal emulsi, seperti terlihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Klasifikasi aspal emulsi

Aspal emulsi anionik	Aspal emulsi kationik
RS - 1	CRS - 1
RS - 2	CRS - 2
MS - 1	
MS - 2	
MS - 2h	CMS - 1
MS - 2h	CMS - 2h
HFMS - 1	
HFMS - 2	
HFMS - 2h	
HFMS - 2s	
SS - 1	CSS - 1
SS - 1h	CSS - 1h

Sumber : *The Asphalt Institute MS-19, 1979*

#### f. Keuntungan aspal emulsi

Keuntungan penggunaan aspal emulsi (Soekarno AW, 1992) ditinjau dari aspek teknis, biaya, aspek pelaksanaan, maupun aspek lingkungan adalah sebagai berikut :

##### 1) Aspek teknis

- a) Dalam penggunaannya tidak memerlukan pemanasan, maka penurunan kualitas aspal (oksidasi) akibat pemanasan tinggi atau berkali-kali tidak ada
- b) Pada penggunaan aspal panas, suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dari spesifikasi yang ditentukan, akan menghasilkan kualitas pekerjaan yang menurun. Hal ini tidak terjadi pada penggunaan aspal emulsi
- c) Tersedianya beberapa tipe aspal emulsi yang disesuaikan dengan spesifikasi yang diminta, yaitu : tipe *rapid setting*, *medium setting*, dan *slow setting*

2) Aspek pelaksanaan

- a) Dimungkinkan pelaksanaannya memakai peralatan berat sampai sederhana, seperti pemakaian peralatan Continuous mixer sampai peralatan beton mollen, serta cara penghamparannya dapat dilakukan mulai dari penyemprotan secara otomatis maupun dilakukan secara manual
- b) Dimungkinkan waktu pelaksanaan pekerjaan relatif lebih cepat, mengingat tidak diperlukan waktu pemanasan dan permukaan jalan tidak harus kering seperti bila memakai aspal panas
- c) Bahan terbuang jauh lebih sedikit, karena aspal emulsi yang dalam keadaan cair tersebut langsung bisa dipakai untuk pekerjaan campuran aspal emulsi, dan apabila keadaan tidak memungkinkan campuran dapat disimpan sampai beberapa hari
- d) Memudahkan para pekerja, karena tidak berhubungan dengan api atau bahan yang panas dan mempunyai resiko keselamatan

3) Aspek lingkungan

Penggunaan aspal emulsi memungkinkan lapangan lebih bersih, serta lingkungan sekitar lokasi proyek tidak terlalu banyak terganggu.

Ditinjau dari lahan penggunaannya, masing-masing jenis aspal emulsi dapat digunakan untuk jenis konstruksi seperti pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Lahan penggunaan aspal emulsi

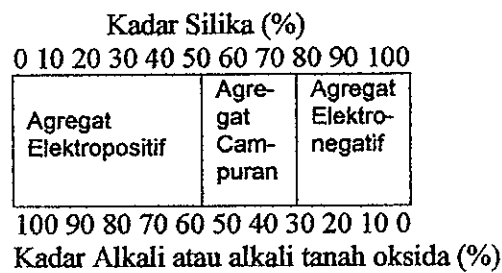
Kecepatan Setting	Cara penggunaan	Jenis pekerjaan
<i>Slow setting</i>	1. Dengan alat semprot ( <i>spray application</i> ) 2. Dengan alat <i>mixer</i> ( <i>pro-mix application</i> )	1. <i>Prime coating</i> 2. <i>Dust binding coat</i> 3. <i>CEBR</i> 4. <i>Slurry seal</i>
<i>Medium Setting</i>	1. Dengan alat semprot ( <i>spray application</i> ) 2. Dengan alat <i>mixer</i>	1. <i>Tack coat</i> 2. <i>OGEM</i>
<i>Rapid Setting</i>	1. Dengan alat semprot ( <i>spray application</i> )	1. <i>Tack coat</i> 2. <i>Burda</i> 3. <i>Burtu</i>

Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan (1996)

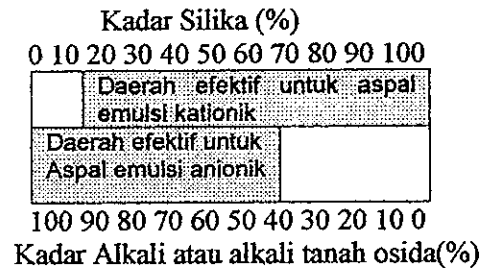
## 2.2. Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran dingin sebaiknya menyesuaikan dengan jenis aspal emulsi yang ada. Iriansyah A.S. dan Hermadi M. (1997) menjelaskan bahwa agregat yang digunakan bersifat elektropositif, maka aspal emulsi yang digunakan sebaiknya jenis anionik, dan jika agregat yang digunakan bersifat elektronegatif, maka aspal emulsi yang digunakan sebaiknya jenis kationik.

Menurut *Mertens E.W. and Borgfeldt M.J.*, 1985 menyebutkan bahwa terdapat toleransi pemilihan jenis aspal emulsi berdasarkan muatan elektro agregat, sehingga kriteria efektif penggunaan aspal emulsi bisa bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11 dan 2.12 menunjukkan klasifikasi muatan listrik agregat.

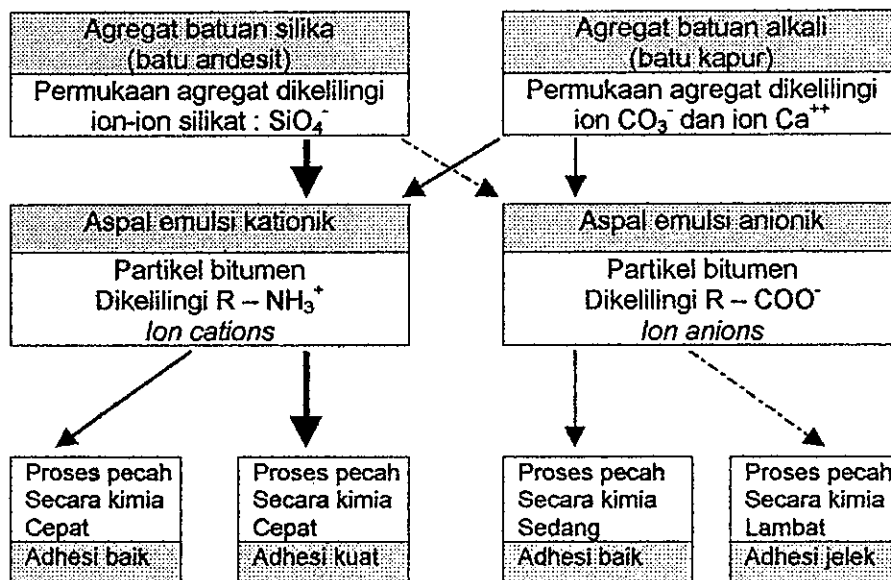


Gambar 2.11. Klasifikasi Muatan Listrik Agregat



Gambar 2.12. Daerah Efektif untuk aspal Emulsi Kationik dan Anionik

Hubungan kuat lekat antara jenis agregat dan aspal emulsi lihat gambar 2.13.



Sumber : Exxon (1987) dalam Muntoro (1994)

Gambar 2.13. Perilaku aspal emulsi terhadap agregat

Berdasarkan besar partikel agregat, agregat dapat dibedakan atas:

- a. Agregat kasar mempunyai ukuran  $> 4.75$  mm menurut *ASTM*, atau  $> 2$  mm menurut *AASHTO 1982*
- b. Agregat halus mempunyai ukuran  $< 4.75$  mm menurut *ASTM*, atau  $< 2$  mm dan  $> 0.075$  mm menurut *AASHTO 1982*.
- c. Mineral *filler* atau bahan pengisi pada umumnya lolos saringan No.200.

Sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan, sifat-sifat tersebut dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) dipengaruhi oleh :

- 1) Gradasi

Adalah pembagian ukuran butiran dalam campuran agregat. Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, menurut *Krebs and Walker, 1971*, yaitu :

- a) *Well – graded*, yaitu gradasi yang mempunyai ukuran butiran dari ukuran yang terbesar sampai yang terkecil dengan tujuan menghasilkan suatu campuran lapis keras dengan bahan pengikat aspal yang mempunyai stabilitas tinggi.
- b) *Gap-graded*, yaitu gradasi yang dalam distribusi ukuran butirannya tidak mempunyai salah satu atau beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus), dan
- c) *Uniform-graded/one size*, yaitu gradasi yang dalam ukuran butirannya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama.

- 2) kadar lumpur

Agregat yang mengandung substansi asing harus dibersihkan/dihilangkan sebelum digunakan dalam campuran lapis keras. Substansi asing ini dapat berupa partikel halus atau gumpalan lumpur yang dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan. Pemeriksaan yang dapat digunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui kandungan lumpur/zat organik pada batuan adalah *Sand Equivalen Test*.

- 3) Kekerasan / kekuatan batuan

Batuan yang digunakan untuk lapis keras harus cukup keras dan juga harus kuat untuk menerima gaya-gaya baik saat pencampuran, penggilan, maupun selama masa pelayanan tanpa mengalami degradasi maupun desintegrasi. Untuk menguji

kekerasan dan kekuatan batuan digunakan mesin *Los Angeles Test*. Pengujian ini bertujuan untuk menguji ketahanan batuan terhadap benturan (*impact*) dan abrasi.

4) bentuk butir

Bentuk batuan sangat penting untuk memperoleh gaya geser yang besar antara batuan pada lapis keras lentur. Kemampuan saling mengunci antar batuan sangat mempengaruhinya, yang akan menentukan stabilitas. Bentuk butiran yang menyerupai kubus dan bersudut tajam mempunyai kemampuan saling mengunci yang tinggi dibandingkan batuan yang berbentuk bulat.

5) tekstur permukaan

Batuan yang bertekstur kasar dan kesat akan memberikan gaya gesek yang besar, sehingga dapat menahan gaya-gaya pemisah yang bekerja pada batuan. Batuan yang halus lebih mudah terselimuti aspal, tetapi tidak dapat menahan kelekatan aspal dengan baik

b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :

1) Porositas

Batuan untuk lapis keras tidak hanya harus keras, namun juga dituntut mempunyai daya serap yang cukup terhadap aspal agar aspal dapat melekat dengan kuat pada permukaan batuan. Tetapi porositas yang besar juga tidak diharapkan, karena makin besar porositas suatu batuan, makin rendah kekerasan batuan tersebut.

2) bentuk batuan

Pecahnya film aspal yang mengelilingi batuan tergantung dari bentuknya. Suatu butiran batuan yang diselubungi film aspal biasanya akan pecah lebih dahulu pada bagian yang runcing, disini tegangan permukaan cenderung mengecilkan luasan aspal, sehingga membantu pecahnya film aspal tersebut. Dari keadaan ini batuan yang bulat lebih tahan terhadap *stripping* dibanding dengan batuan pecah.

c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi oleh :

1) tahanan geser (*skid resistance*)

Kemampuan permukaan lapis keras untuk menghindari kendaraan kendaraan yang melalui di atasnya tidak terjadi *skidding/slipping* keluar pada saat kondisi permukaan basah. Nilai kekesatan yang tinggi dapat diperoleh dengan cara :

- a) menggunakan batuan dengan mikrotekstur tinggi dan nilai abrasi rendah
- b) membuat kondisi permukaan mempunyai makrotekstur tinggi, misalnya dengan menambah *chipping*
- c) mengurangi kadar aspal

2) campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

Gradasi atau distribusi butiran ditinjau berdasarkan ukuran agregat merupakan hal penting dalam menentukan stabilitas perkerasan dan kemudahan dalam proses pelaksanaan, karena gradasi ini mempengaruhi besarnya rongga antar butiran yang terjadi.

### 2.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dalam CEBR merupakan faktor penentu terhadap stabilitas, keawetan dan kemudahan dalam pelaksanaan. Menurut David G Tunnicliff, *filler* adalah kumpulan mineral agregat yang sebagian besar lolos saringan No. 200, digunakan untuk mengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga serta meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar di isi dengan partikel lolos saringan No. 200, membuat rongga udara kecil dan kerapatan massanya lebih besar. Menurut Dukatz, et al. Kelompok mineral *filler* dalam campuran aspal yang mempunyai partikel dengan diameter lebih besar dari ketebalan selaput bitumen pada permukaan batuan akan memberikan pengaruh pada saling kunci antar agregat. Sedangkan kelompok yang lain, yaitu partikel yang mempunyai diameter lebih kecil dari selaput bitumen akan tersuspensi dalam selaput bitumen tersebut. Bagian mineral *filler* yang tersuspensi ini akan mempengaruhi perilaku sistem *filler* bitumen.

*Portland cement* merupakan semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidraulis, bersama bahan-bahan yang biasanya digunakan adalah gipsum.



Untuk material yang keras seperti batu kapur dan *shale* biasanya dilakukan dengan proses kering. Kelengasan dibuang sebagian pada tahap awal, umumnya waktu digiling, campuran yang relatif kering dilewatkan pada sistem *preheater* yang memanfaatkan gas buangan dari *kiln*.

Dua varian yang lain adalah proses semi basah dan semi kering. Keduanya sesuai dengan proses basah atau kering, pada awalnya, kemudian bahan dibentuk menjadi *pellet* atau *nodule*. Bahan dimasukkan kedalam *kiln* dengan *grate preheater*. Pemilihan proses tergantung pada sifat material, efisiensi tiap proses, dan harga energi.

Pada awalnya pengaruh filler ke dalam aspal adalah membentuk mastik, yaitu campuran aspal dan filler, sedangkan mastik biasanya mempengaruhi viscositas (kekentalan) aspal. Pengaruh filler adalah dalam adhesi, dimana pengaruhnya sama halnya dengan pertambahan kekentalan aspal. Mekanisme pengaruh dari filler dalam mendukung adhesi aspal dan agregat adalah secara mekanik sekaligus kimia. Biasanya adhesi antara aspal dengan permukaan agregat dipengaruhi oleh kekentalan aspal. Ini adalah fenomena mekanik (*Shell Bitumen*).

Usaha untuk meningkatkan adhesi dapat dengan menambahkan *antistripping additive* pada campuran. Mineral filler yang berfungsi meningkatkan daya adhesi adalah dari jenis *hydrated lime* yang umumnya ditambahkan pada campuran 1 – 3%. *Hydrated lime* akan bereaksi dengan ion *karbonil* yang terdapat pada aspal dan menghasilkan group karbonil lain seperti *katone*, yang dapat meningkatkan lekatan antara aspal dan agregat. Campuran ini akan sulit digusur oleh air sehingga akan meminimalkan terjadinya *stripping* (*Shell Bitumen, 1990*).

Dalam penelitian ini dicoba pengaruh filler dari *portland cement* yang mengandung unsur terbesar, yaitu *Tricalcium Silikat* ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ), dimana ada empat unsur senyawa kimia yang utama dari *portland cement* seperti terlihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Unsur senyawa Kimia utama *Portland cement*

Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar rata <sup>2</sup> (%)
Tricalcium Silikat	$\text{Ca}_3\text{SiO}_5$	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	50
Dicalcium Silikat	$\text{CaSiO}_4$	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	25
Tricalcium Aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	12
Tetracalsium Aluminoferrit	$2\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8
Calcium Sulfate dihidrat	-	$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CSH}_2$	3,5

Untuk material yang keras seperti batu kapur dan *shale* biasanya dilakukan dengan proses kering. Kelengasan dibuang sebagian pada tahap awal, umumnya waktu digiling, campuran yang relatif kering dilewatkan pada sistem *preheater* yang memanfaatkan gas buangan dari *kiln*.

Dua varian yang lain adalah proses semi basah dan semi kering. Keduanya sesuai dengan proses basah atau kering, pada awalnya, kemudian bahan dibentuk menjadi *pellet* atau *nodule*. Bahan dimasukkan kedalam *kiln* dengan *grate preheater*. Pemilihan proses tergantung pada sifat material, efisiensi tiap proses, dan harga energi.

Dalam penelitian ini dicoba pengaruh filler dari *portland cement* yang mengandung unsur terbesar, yaitu *Tricalcium Silikat* ( $Ca_3SiO_5$ ), dimana ada empat unsur senyawa kimia yang utama dari *portland cement* seperti terlihat pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3** Unsur senyawa Kimia utama *Portland cement*

Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar rata <sup>2</sup> (%)
Tricalcium Silikat	$Ca_3SiO_5$	$3CaO.SiO_2$	$C_3S$	50
Dicalcium Silikat	$CaSiO_4$	$2CaO.SiO_2$	$C_2S$	25
Tricalcium Aluminat	$Ca_3Al_2O_6$	$3CaO.Al_2O_3$	$C_3A$	12
Tetracalsium Aluminoferrit	$2Ca_2AlFeO_5$	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	$C_4AF$	8
Calsium Sulfate dihidrat	-	$CaSO_4.2H_2O$	$CSH_2$	3,5

Untuk penelitian ini akan dipakai *filler* dari jenis *portland cement* tipe I dimana komposisi umumnya seperti terlihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Komposisi umu Oksida-oksida *Portland Cement* tipe I.

Oksida	Notasi pendek	Nama umum	% Berat
CaO	C	Kapur	63
SiO <sub>2</sub>	S	Silika	22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Alumina	6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Ferric Oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K <sub>2</sub> O	K		0,6
Na <sub>2</sub> O	N	Alkalis	0,3
SO <sub>2</sub>	S	Sulfur trioksida	2,0
CO <sub>2</sub>	C	Carbon dioksida	-
H <sub>2</sub> O	H	Air	-

Sifat masing-masing senyawa utama dari *portland cement* adalah :

- 1)  $C_3S$  (*alite*) dan  $C_2S$  (*belite*) adalah senyawa yang membuat sifat-sifat perekat, dimana  $C_3A$  adalah senyawa yang paling reaktif.
- 2)  $C_4AF$  dan lainnya (dari oksida alumina dan besi) berfungsi sebagai katalisator (*fluxing agent*), yang menurunkan temperatur pembakaran untuk pembentukan Kalsium silikat.

Sifat *exothermis* reaksi hidrasi menandakan panas dilepas ketika terjadi pengikatan dan pengerasan semen. Jumlah panas yang dilepas oleh semen adalah panas hidrasi.

#### 2.4. Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)

Campuran emulsi bergradasi rapat adalah campuran dari aspal emulsi *slow setting* murni dengan agregat gradasi menerus digunakan untuk lapisan pondasi ataupun lapisan aus (*wearing*). Campuran ini sering pula disebut *Dense graded emulsion mixed (DGEM)*. Spesifikasi gradasi CEBR menurut Bina Marga (1991), seperti terlihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi CEBR

Ukuran Saringan	Tipe I/50	Tipe II/37.5	Tipe III/25	Tipe IV/19	Tipe /12.5
2" (50 mm)	100				
1 1/2" (38.1 mm)	90 - 100	100			
1" (12.5 mm)	-	90 - 100	100		
3/4" (19 mm)	60 - 80	-	90 - 100	100	
1/2" (12.5 mm)	-	60 - 80	-	90 - 100	100
3/8" (9.5 mm)	-	-	60 - 80	-	100
# 4 (4.75 mm)	20 - 55	25 - 60	35 - 65	45 - 70	60 - 80
# 8 (2.36 mm)	10 - 55	15 - 45	20 - 50	25 - 55	35 - 65
# 50 (0.3 mm)	2 - 16	3 - 18	3 - 20	5 - 20	6 - 25
# 200 (0.075 mm)	0 - 5	1 - 7	2 - 8	2 - 9	2 - 10
Kandungan pasir (sand equivalent) %	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Abrasi (Los Angeles pada 500 putaran) %	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40

Sumber : *Asphalt Institute, MS-19, 1979*

Tipe CEBR seperti pada tabel 2.5 di atas mempunyai kegunaan yang berbeda-beda, untuk type I/50 dengan ukuran agregat nominal maksimum 50 mm digunakan untuk lapis pondasi bawah. Tipe II/37.5 digunakan untuk lapis pondasi atas atau bawah. Tipe III/25 dan Tipe IV/19 digunakan untuk lapis pondasi atas maupun lapis permukaan. Tipe V/12.5 digunakan untuk campuran yang paling halus, untuk lapis pondasi atas maupun lapis permukaan.

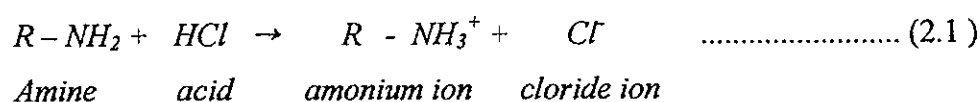
Berdasarkan penelitian, campuran yang dipilih untuk pemeliharaan konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural adalah campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR) serta untuk yang tidak mempunyai nilai struktural dipilih campuran bubuk aspal emulsi (*slurry seal asphalt emulsion*).

## 2.5. Karakteristik Aspal Emulsi

Aspal emulsi berwujud cair dengan warna coklat kehitaman, termasuk tipe emulsi minyak dalam air di mana bitumen terdispersi dalam air. Tipe seperti ini dikenal sebagai *Direct Emulsion*. Agar terjadi emulsi diperlukan suatu bahan pengemulsi/*emulsifier*. *Emulsifier* inilah yang mempengaruhi muatan listrik aspal emulsi, sehingga untuk aspal emulsi kationik jenis *emulsifiernya* adalah kationik pula.

*Emulsifier kationik* (Mertens, E.W. and Borgfeldt, M.J. 1985) tersusun dari bahan dasar berupa senyawa hidrokarbon nitrogen seperti *alkylamine*. *Alkylamine* ini merupakan senyawa aktif permukaan yang sangat mempengaruhi muatan listrik suatu permukaan. Beberapa senyawa yang lazim digunakan sebagai *emulsifier* anatar lain : *mono amines, amido amines, quarternary ammonium, alkylxylatil amines dan amido amines*. Dari beberapa senyawa tersebut yang perlu direaksikan terlebih dahulu dengan asam sebelum berfungsi. Biasanya digunakan *hydrochloric acid* seperti HCl (asam chlorida).

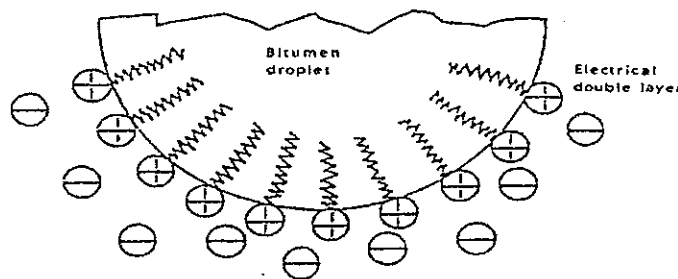
Reaksi yang timbul saat *emulsifier* dicampurkan dengan HCl adalah seperti terlihat pada persamaan (2.1)



Dengan *R* = rantai hidrokarbon dengan 8 – 22 atom *C* yang bersifat *lipophilic/hyrophobic* dan *NH<sub>3</sub>Cl* = senyawa bersifat *hydrophilic*.

Dari persamaan reaksi tersebut dapat dilihat bahwa molekul *emulsifier* kationik terdiri atas dua bagian, yaitu bagian yang bersifat polar ( $NH_3^+$  dan  $Cl^-$ ) dan bagian yang bersifat non polar ( $R =$  rantai hidrokarbon).

Dalam aspal emulsi (Sferb, 1991), partikel-partikel bitumen yang non polar melarutkan bagian non polar *emulsifier*, sedangkan bagian polar *emulsifier* (*ion*  $NH_3^+$ ) akan membentuk lapisan menyelimuti partikel-partikel bitumen. Dengan demikian partikel-partikel bitumen dalam aspal emulsi seolah-olah bersifat polar bermuatan listrik positif (karena pengaruh ion  $NH_3^+$ ). Selanjutnya ion  $Cl^-$  akan tertarik oleh permukaan partikel bitumen yang bermuatan listrik positif dan terjadilah ikatan yang kuat antara ion  $NH_3^+$  dengan ion  $Cl^-$  membentuk  $NH_3Cl$ . Fenomena yang demikian dinamakan *electrical double layer* seperti terlihat pada Gambar 2.14 berikut :



**Gambar : 2.14** Kondisi *Electrical Double Layer*  
Sumber : Scan Road, 1991

Kondisi *electrical double layer* inilah yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan aspal emulsi. Oleh karenanya meskipun bitumen yang bersifat non polar tidak dapat larut dalam air yang bersifat polar, dengan adanya *emulsifier* keduanya dapat bercampur dengan baik dalam bentuk emulsi (Scan Road, 1991).

## 2.6. Karakteristik Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)

Prinsip dasar dari campuran CEBR adalah semakin banyaknya agregat yang terselimuti aspal, sehingga rongga udara menjadi kecil, maka keawetan aspal dan ketahanan terhadap air akan diperoleh. Aspal emulsi tidak boleh ditambahkan secara berlebihan karena akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas dibawah nilai minimum yang telah ditetapkan pada batasan lalu-lintas dan kondisi lingkungan, sehingga untuk setiap campuran diberikan nilai kadar aspal optimum. Ada dua cara pendekatan untuk

menentukan kadar aspal optimum, yaitu perhitungan *surface area* untuk kepentingan uji lapangan dengan perhitungan skala penuh dan perhitungan rongga udara.

Pada penelitian ini hanya akan membahas penentuan kadar aspal emulsi optimum dan masa simpan dengan perhitungan rongga udara. Jumlah aspal dibatasi oleh rongga udara, struktur agregat, dan volume rongga udara setelah pemadatan akhir campuran. Jumlah aspal dibatasi oleh kemampuan dari rongga udara di dalam struktur agregat yang ditentukan juga oleh pemilihan tipe gradasi dan metoda pemadatan.

Untuk total rongga disarankan antara 5 % - 10 %, bila aspal berlebih, rongga udara di dalam campuran akan mengecil, kelebihan aspal akan terdorong, pada kondisi lalu-lintas yang berat dan suhu udara yang panas, akan menyebabkan deformasi, sebaliknya bila aspal kurang, rongga udara akan membesar, menyebabkan terjadinya awal dari oksidasi, yang akan mengurangi keawetan dari perkerasan.

Menurut *The Asphalt Institute*, MS-19 (1979) disebutkan bahwa karakteristik CEBR yang harus dievaluasi adalah kadar air penyelimutan, kadar air pemadatan, *density*, *total void*, stabilitas rendaman, stabilitas sisa, absorpsi dan penyelimutan, sebagaimana diuraikan dalam persamaan-persamaan matematis berikut ini:

$$\text{Densitas kering} = g \times [(100 + b)/(100 + b + h)] \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Densitas basah} = c/f \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\text{Volume b.u} = (d - e) - (d - c)/\mu \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{Kadar air} = (100 + b) \times (\text{masa air/camp. kering}) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$VMA = 100 \times \left[ \frac{100 + b + h}{g} - \frac{100}{s} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Total Rongga} = 100 \times \left[ \frac{100 + b + h}{g} - \frac{100}{S} - \frac{b}{A} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\text{Rongga udara} = k - \left[ \frac{hx100}{bjair} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right] \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\text{Absorpsi} = [(m - c)/c] \times 100 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{Stabilitas} = (t \times \text{koreksi tebal benda uji}) \times 2.7497 \times 10^{0.9887} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\text{Stabilitas sisa} = \frac{S_b}{S_k} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

b	= kadar aspal thd agregat (%)
Densitas kering	= berat volume benda uji kering (gr/cc)
Densitas basah	= berat volume benda uji basah (gr/cc)
f	= volume benda uji (cc)
h	= kadar air saat pengujian (%)
VMA	= rongga dalam agregat (%)
VIM	= total rongga (%)
l	= rongga udara (%)
n	= penyerapan air (%)
S	= berat jenis semu (gr/cc)
s	= stabilitas yang terkoreksi (kg)
Sb	= stabilitas basah (kg)
Sk	= stabilitas kering (kg)
Ss	= stabilitas sisa (%)

## 1. Agregat

Agregat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar berupa batu pecah (*crushed*), dimana agregat jenis ini mempunyai bidang kontak yang lebih luas, sehingga mempunyai daya *interlocking* yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul.

Menurut spesifikasi Bina Marga 1991, untuk campuran emulsi bergradasi rapat, agregat kasar dan halus yang dipakai adalah :

- Agregat kasar harus terdiri atas bahan yang baik, hasil pemecahan atau bukan, yang bersih, kuat awet, dan bebas dari kotoran atau bahan lain yang tidak diperkenankan dan sifat mekaniknya memenuhi yang disyaratkan. Nilai abrasi *Los Angeles* untuk semua tipe campuran tidak boleh lebih dari 40 % pada 500 putaran.
- Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan gradasi seperti pada Tabel 2.6, di bawah ini.

**Tabel 2.6** Persyaratan agregat kasar CEBR

Saringan (mm)	Ukuran (ASTM)	% berat yang lewat
50	2"	100
37.5	1 ½"	90 – 100
25	1"	20 – 100
12.5	½"	5 – 100
9.5	3/8"	0 – 100
4.75	# 4	0 – 30
2.36	# 8	0 – 10
0.075	# 200	0 – 5

Spesifikasi khusus Bina Marga, 1991

- c. Agregat halus harus terdiri salah satu atau lebih pasir hasil pecahan batu atau pasir alam, yang bebas dari gumpalan atau butiran lempung atau tanah.
- d. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi atau mendekati persyaratan gradasi seperti pada Tabel 2.7. dibawah ini :

**Tabel 2.7** Persyaratan Agregat halus CEBR

Saringan (mm)	Ukuran (ASTM)	% berat yang lewat
9.5	3/8"	100
4.75	# 4	90 – 100
2.38	# 8	20 – 100
0.600	# 30	5 – 100
0.075	# 200	1 – 11

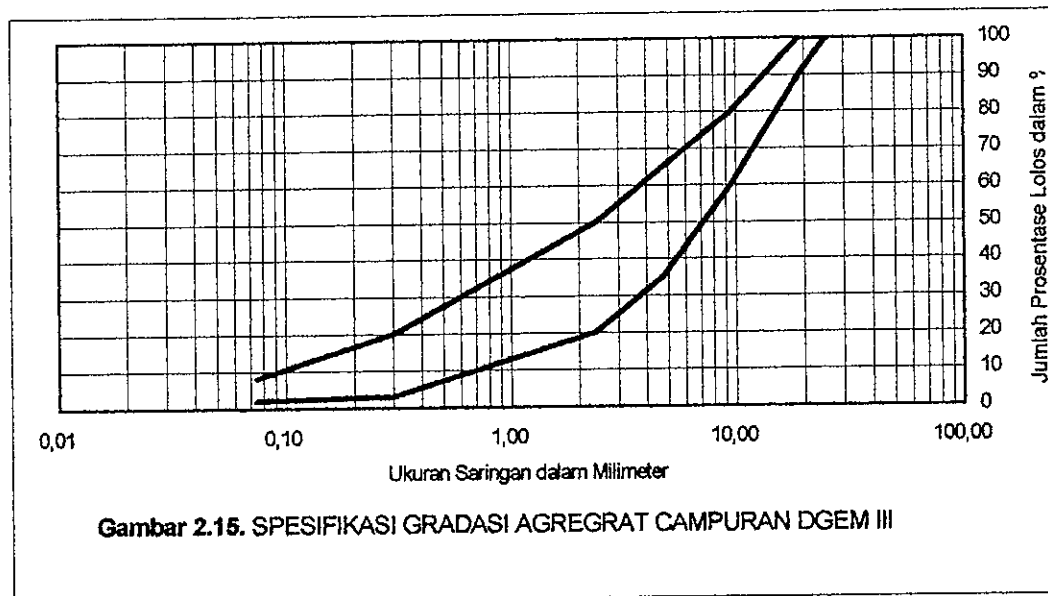
Spesifikasi khusus Bina Marga, 1991.

Sedangkan yang dipakai dalam penelitian ini adalah gradasi agregat sesuai dengan yang ada dalam *The Asphalt Institute, A basic Emulsion Manual MS-19, 1979*, dengan mengambil satu tipe yaitu tipe III, dimana tipe ini memenuhi pula persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga, seperti terlihat pada Tabel 2.8. dan Gambar 2.15.

**Tabel 2.8** Persyaratan Gradasi tipe III CEBR

Saringan	% berat yang lolos
1"	100
3/4"	90 – 100
3/8"	60 – 80
# 4	35 – 65
# 8	20 – 50
# 50	3 – 20
# 200	2 – 8

*The Asphalt Institute MS-19, 1979.*



Sumber : *The Asphalt Institute MS-19, 1979.*

Campuran CEBR harus direncanakan untuk unjuk kerja jangka panjang yang optimum dengan menggunakan prosedur pengujian *Marshall* yang dimodifikasi dan harus memenuhi batas komposisi fraksi rencana campuran dan persyaratan sifat yang telah ditentukan dan campuran juga harus mudah pengerjaannya, mudah dimanfaatkan dan tidak peka terhadap pengaruh kelembaban, seperti terlihat pada Tabel 2.9 dan Tabel 2.10.

**Tabel 2.9 Fraksi rencana campuran**

Fraksi Campuran Rencana	Prosentase Berat Total Campuran					
	Tipe I/50 lapis Pondasi Bawah	Tipe II/37,5 Base & Lapis Bawah (LPB)	Tipe III/25 Base B & Permukaan	Tipe IV/19 (B) & Lapis Permukaan	Tipe V/12,5 (B) & Lapis Permukaan	Tipe VI Campuran Pasir & Lapis Permukaan
Fraksi Agregat Kasar (FAK) (> #8)	60 – 85	55 – 80	50 – 75	45 – 70	40 – 60	25 – 35
Fraksi Agregat Halus (FAH) (#8 - # 200)	10 – 30	13 – 35	17 – 40	20 – 40	30 – 50	60 – 65
Fraksi zat Pengisi (FZP) (<#200)	0 – 4,5	1 – 6,5	2 – 8	2 – 9	2 – 9	6 – 15

Sumber : Spesifikasi khusus Bina Marga, 1991.

Tabel 2.10 Persyaratan sifat campuran

Sifat Campuran		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Kadar bitumen efektif	Minimum	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,5	7,0	6,4	5,7
Kadar bitumen terserap	Maksimum	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Kadar bitumen total										
Minimum sesungguhnya (% berat total campuran)	Minimum	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	8,0	7,5	6,9	6,2
Stabilitas rendaman (kg)	Minimum	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Stabilitas sisa (% stabilitas kering semula sesudah 48 jam pada suhu ruang)	Minimum	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Kadar rongga potensial (% berat total campuran padat)	Minimum	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Maksimum	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Penyerapan air (% berat total campuran padat)	Maksimum	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Tebal film bitumen (mikron)	Minimum	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Tingkat penyelimutan (% total permukaan agregat)	Minimum	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Tebal lapisan yang disarankan (mm)	Minimum	80	50	40	30	25	25	30	30	30
	Maksimum	150	100	100	75	75	75	75	75	75

Sumber : Spesifikasi khusus Bina Marga, 1991.

## 2. Pengaruh Filler

Butir pengisi (*filler*) sebagai bagian dari agregat penyusun CEBR yang didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan No.200, mempunyai peranan penting dalam campuran. Penggunaan filler terlalu banyak akan mengakibatkan campuran menjadi rapuh, kering dan mudah retak. Sebaliknya aspal yang berlebihan akan mengakibatkan campuran menjadi lembek dan pada waktu pemadatan sulit mendapatkan lapisan yang stabil.

Pada awalnya pengaruh *filler* ke dalam aspal adalah membentuk mastik, yaitu campuran aspal dan *filler*, sedangkan mastik biasanya mempengaruhi viskositas (kekentalan) aspal. Pengaruh *filler* adalah dalam adhesi, dimana pengaruhnya sama halnya dengan pertambahan kekentalan aspal. Mekanisme pengaruh dari filler dalam mendukung adhesi aspal dan agregat adalah secara mekanik sekaligus kimia. Biasanya adhesi antara aspal dengan permukaan agregat dipengaruhi oleh kekentalan aspal. Ini adalah fenomena mekanik (*Shell Bitumen, 1991*).

Usaha untuk meningkatkan adhesi dapat dengan menambahkan *antistripping additive* pada campuran. Mineral filler yang berfungsi meningkatkan daya adhesi adalah dari jenis *hydrated lime* yang umumnya ditambahkan pada campuran 1 – 3%. *Hydrated lime* akan bereaksi dengan ion karbonil yang terdapat pada aspal dan menghasilkan

group karbonil lain seperti *katone*, yang dapat meningkatkan lekatan antara aspal dan agregat. Campuran ini akan sulit digusur oleh air sehingga akan meminimalkan terjadinya *stripping* (Shell Bitumen, 1991).

## 2.7. Pengaruh Masa Simpan Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat

Masa simpan akan berpengaruh terhadap kinerja campuran aspal emulsi CEBR, yaitu pada *total void*, *density*, *absorpsi* dan *flow*. *Total void* merupakan parameter yang menunjukkan jumlah udara yang terdapat dalam campuran padat yang dihitung terhadap persentase berat total campuran padat. Beberapa factor yang mempengaruhi *total void* adalah gradasi agregat, kadar aspal emulsi dan proses pemadatan. Pada proses setting akan terjadi peningkatan nilai *total void*, karena pengaruh penguapan air dan peningkatan kekentalan aspal semen. Pengaruh dari perubahan atas meningkatnya *total void* akibat proses setting, semakin lama masa simpan akan semakin menurunkan nilai *density* nya. Kondisi ini akan menyebabkan nilai *flow* (kelelahan plastis) dan *absorpsi* CEBR semakin meningkat. (Mulyono, A.T., 1998)

## 2.8. Hipotesa

Pengaruh campuran aspal emulsi bergradasi rapat (CEBR) tipe III, jenis kationik CSS-1 AE-63 S dengan menggunakan *filler* debu batu dan semen dapat disimpan sampai lebih dari 5 (lima) hari atau lebih sebelum dihampar dan dipadatkan dilapangan tanpa mengurangi persyaratan sesuai spesifikasi teknis yang ditentukan oleh Bina Marga (1991).

## 2.9. Hasil Penelitian yang Relevan

Kajian Sebelumnya pernah dilakukan oleh Muntoro, A., dan Himawanto, A. (1994) pengujian CEBR terhadap pengaruh masa simpan aspal emulsi. nol hari sampai 2 (dua) hari Selanjutnya Mulyono, A.T. (1998) pengujian karakteristik CEBR pada *filler* batu kapur terhadap pengaruh lama penyimpanan dan permeabilitas

Penelitian ini lebih dititik beratkan pada pengaruh karakteristik, masa simpan, dan kinerja aspal emulsi terhadap sifat-sifat *Marshall* bagi campuran aspal emulsi bergradasi rapat.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

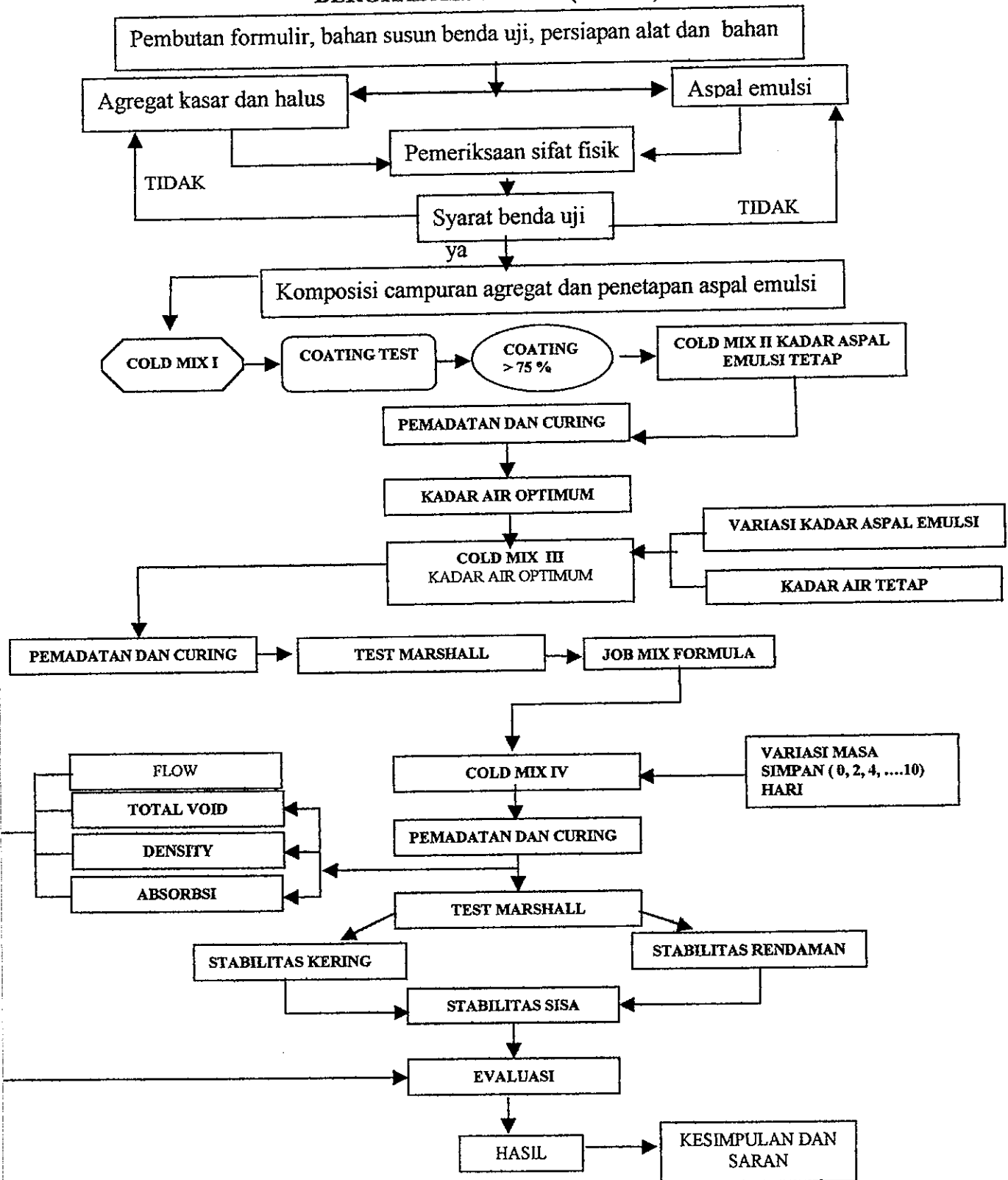
#### 3.1. Metoda dan Desain

Dalam pembuatan campuran dapat dilakukan beberapa macam percobaan laboratorium. Percobaan laboratorium ini meliputi pemeriksaan bahan (agregat, *filler* dan aspal emulsi), pembuatan resep campuran, persiapan benda uji dan pengujian benda uji dengan modifikasi *Marshall*, selanjutnya dilakukan analisis struktural dari data-data yang diperoleh dalam pembuatan resep campuran bertujuan untuk mendapat campuran yang mempunyai kriteria sebagai berikut :

- a. Cukup bitumen (bahan ikat aspal) untuk menjamin lapisan perkerasan tersebut dapat tahan lama.
- b. Stabilitas yang sesuai untuk menahan beban lalu lintas tanpa terjadi disintegasi.
- c. Cukup rongga untuk memberikan kelonggaran pada pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas tanpa terjadi *flushing* dan *bleeding* yang dapat menyebabkan kehilangan stabilitas.
- d. Fleksibilitas yang sesuai sehingga tahan terhadap retak dan deformasi akibat beban repetisi.
- e. Kedap air yang cukup sehingga tahan terhadap rembesan air masuk ke dalam lapisan perkerasan yang dapat mengakibatkan *stripping* dan *infiltrasi* air kebawah lapisan perkerasan.
- f. Kinerja ( *workability* ) yang cukup untuk memudahkan pelaksanaan konstruksi perkerasan seperti pencampuran, penghamparan, dan pemadatan dilapangan.

Secara umum kinerja dan pengujian laboratorium serta analisis structural dalam penelitian ini ditunjuk secara skematis pada Gambar 3.1. Dari Gambar 3.1 ditunjukkan 4 (empat) pokok kegiatan yaitu pemeriksaan sifat bahan (agregat, *filler* dan aspal emulsi), pembuatan resep campuran (*cold mix I s/d cold mix IV*), pengujian modifikasi *Marshall*, dan pengujian deformasi. Secara skematis, adapun urutan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

## BAGAN ALIR PENELITIAN CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI RAPAT ( CEBR )



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat

### 3.2. Bahan Penelitian

#### a. Batuan (agregat)

Agregat yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi. Agregat kasar yang digunakan dari jenis batu pecah dengan nominal butiran agregat bervariasi  $\frac{3}{4}$ " mm sampai 3 mm berasal dari daerah Kali Progo, yang telah diproses dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) milik PT. Adhi Karya Semarang. Agregat halus diambil dari sisa agregat kasar hasil uji abrasi dengan ukuran nominal 2,36 mm sampai 0,15 mm.

#### b. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*Filler*) yang digunakan merupakan butiran halus berukuran nominal 200 mesh dari hasil uji abrasi dengan ukuran nominal 0,2 mm sampai 0,01 mm. dan *portland cement* tipe I produksi Semen Nusantara Jakarta.

#### c. Aspal emulsi

Aspal emulsi yang digunakan adalah aspal emulsi jenis kationik dari tipe *slow setting* (*CSS-1 AE-63 S*) produksi PT. Hutama Prima, Cilacap.

#### d. Bahan air

Air yang digunakan berasal dari air bersih yang berada di laboratorium Teknik Sipil Akademi Teknologi Semarang

### 3.3. Peralatan Penelitian

#### a. Lokasi penelitian

Penelitian Pengaruh karakteristik, masa simpan dan kinerja CEBR ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Akademi Teknologi Semarang.

#### b. Alat uji pemeriksaan agregat

Beberapa alat pemeriksaan agregat yang digunakan adalah mesin *Los Angeles* (uji abrasi), saringan standar (penyusunan gradasi agregat), alat pengering (oven), bak perendam, alat uji *sand equivalent*, alat uji berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar, timbangan.

c. Alat uji pemeriksaan aspal emulsi

Beberapa alat uji pemeriksaan aspal emulsi yang digunakan antara lain alat uji penetrasi, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji destilasi, alat uji *Particle Change*, alat uji *Saybolt Furol viscosity*, bak perendam.

d. Alat uji karakteristik CEBR

Alat uji karakteristik CEBR dengan metoda modifikasi *Marshall proving ring* untuk kalibrasi test *Marshall*

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

a. Tahap persiapan

Pada tahap ini beberapa kegiatan yang disiapkan yaitu mempersiapkan material penelitian secara lengkap baik kuantitas maupun kualitas yang meliputi pemilihan jenis agregat yang sesuai dan jenis aspal emulsi yang tepat. Selain itu pada tahap ini juga disiapkan semua peralatan penelitian termasuk didalamnya mengadakan kalibrasi peralatan seperti timbangan, alat tumbuk, peralatan *Marshall*

b. Tahap Pemeriksaan Mutu Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan untuk perencanaan benda uji CEBR harus memenuhi persyaratan dasar mutu bahan. Jenis pemeriksaan bahan yang dilakukan meliputi pemeriksaan mutu agregat dan aspal emulsi, sedangkan jenis pemeriksaan adalah sebagai berikut :

1) pemeriksaan agregat

- a) Pemeriksaan keausan dengan mesin *Los Angeles*(AASHTO T 96 – 1982)
- b) Analisa saringan (AASHTO T 27 – 82)
- c) Pemeriksaan berat jenis & penyerapan agregat halus (AASHTO T 84 –81)
- d) Pemeriksaan berat jenis & penyerapan agregat kasar (AASHTO T 85– 81)
- e) Pemeriksaan *Sand Equivalent* (AASHTO T 176 – 73)
- f) Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal ( PB 0205 – 76 )

2) pemeriksaan aspal emulsi

- a) *sieve test*, untuk mengetahui keseragaman campuran dengan menyaring menggunakan saringan 850  $\mu\text{m}$  (AASHTO T 59 – 82)

- b) *residue from destilation test*, untuk mengetahui kandungan bitumen/residu dalam aspal emulsi (AASHTO T78 – 80)
- c) *viscosity*, untuk mengetahui kemampuan aspal emulsi dalam mengalir (AASHTO T59 - 82)
- d) *storage stability*, untuk mengetahui keseragaman penghamburan selama aspal emulsi disimpan (AASHTO T59 – 82)
- e) *water content test*, untuk mengetahui kandungan air dalam aspal emulsi (AASHTO T55 - 82)

Persyaratan mutu bahan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sampai dengan Tabel 3.3 sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Persyaratan Aspal emulsi Kationik Tipe AE CSS - 1

NO	JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT
1.	<i>Water content (%)</i>	Maks 43
2.	<i>Storage stability 24 hour (%)</i>	0 – 1
3.	<i>Viscosity SF 25° C</i>	20 – 100
4.	<i>Homogeneity by sieving (%)</i>	0 – 0.1
5.	<i>Residue from evaporation test (%)</i>	min 57
6.	<i>Particle charge</i>	positif
7.	<i>Residue penetration (0,1 mm)</i>	100 – 250
8.	<i>Residue ductility (cm)</i>	min 40

Sumber : Asphalt Institute MS – 19, 1979

**Tabel 3.2** Persyaratan Agregat Kasar

NO	JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT
1.	Keausan dengan mesin Los Angeles (%)	Maks. 40
2.	Kelekatan terhadap aspal (%)	Min. 90
3.	Penyerapan agregat terhadap air (%)	Maks. 3
4.	Berat jenis semu ( gr/cc )	Min. 2.5
5.	Berat jenis kering oven ( gr/cc )	Min 2.5

Sumber : Spesifikasi Khusus Bina Marga, 1991

**Tabel 3.3** Persyaratan Agregat Halus

NO	JENIS PEMERIKSAAN	SYARAT
1.	Nilai <i>sand equivalent</i> (%)	Min. 50
2.	Penyerapan agregat terhadap air (%)	Maks. 3
3.	Berat jenis semu ( gr/cc )	Min. 2.5
4.	Berat jenis kering oven ( gr/cc )	Min 2.5

Sumber : Spesifikasi Khusus Bina Marga, 1991

c. Tahapan Perencanaan CEBR Tipe III

Gradasi campuran agregat yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan analisa saringan yang telah dilakukan serta penggabungan antara agregat kasar, sedang dan halus. Hasil analisa saringan untuk agregat dari kali Progo yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut :

**Tabel 3.4. Hasil Analisa Saringan dan Gabungan Agregat**

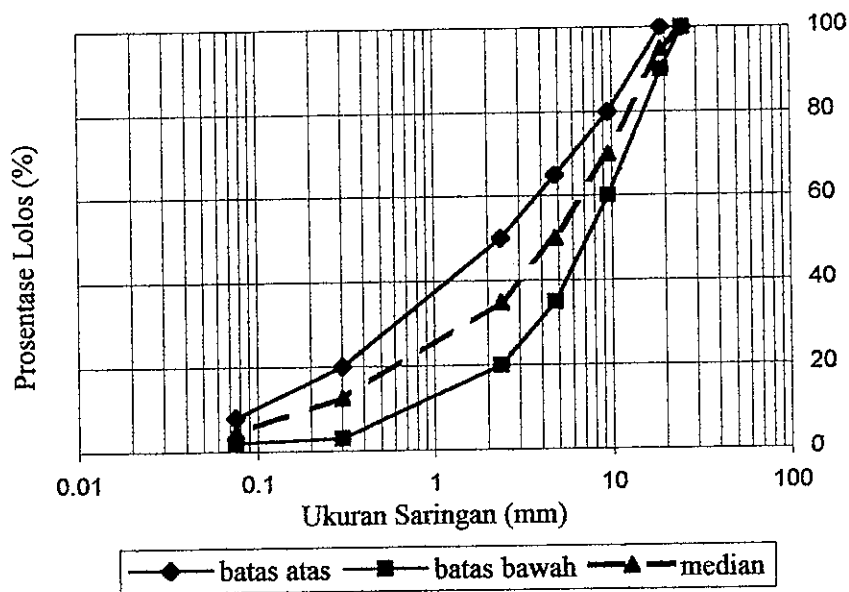
URAIAN	UKURAN SARINGAN						
	1"	3/4"	3/8"	#4	#8	#50	#200
Inch	25	19	9.5	4.75	2.36	0.3	0.075
Mm							
<b>Data Gradasi</b>							
Filler	100	100	100	100	100	100	100
Pasir	100	100	100	100	88.7	23.4	0
Agregat Halus	100	100	100	95	77.3	23.1	5.1
Agregat Sedang	100	100	97.2	41.6	20	6.9	1.4
Agregat Kasar	100	85.7	16.8	13.4	3.7	1	0.5
<b>Kombinasi Gabungan Agregat</b>							
Filler 3.0%	3	3	3	3	3	3	3
Pasir 10.0%	10	10	10	10	8.9	2.3	0
Agregat Halus 20.0%	20	20	20	19	15.5	4.6	1
Agregat Sedang 32.0%	32	32	31.1	13.3	6.4	2.2	0.4
Agregat Kasar 35.0%	35	30	509	4.7	1.3	0.4	0.2
<b>Hasil Gabungan Agregat</b>	100	95	70	50	35	12.5	4.6

Persyaratan presentasi lolos mengacu pada *Asphalt Institute MS. 19 (1978)* dengan mengambil gradasi CEBR tipe III. Gradasi campuran rencana dapat dilihat pada Tabel 3.5. dan Gambar 3.2.

Komposisi agregat gabungan kasar, sedang, halus dan *filler* untuk kebutuhan benda uji adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.5. Komposisi Agregat Gabungan Hasil Analisa Saringan**

Ukuran Lubang Saringan	Persyaratan prosentase lolos ukuran saringan standar terhadap total agregat (%)	Rencana Prosentase Lolos Ukuran Saringan Standar terhadap Total Agregat (%)
25 mm	100	100
19 mm	90 – 100	95
9.5 mm	60 – 80	70
4.75 mm	35 – 65	50
2.36 mm	20 – 50	35
299 μ m	3 – 20	12.5
75 μ m	2 – 8	4.6



Gambar 3.2. Gradasi Agregat Campuran CEBR Tipe III

d. Pengujian *Marshall Modified*

1) Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan saat penelitian adalah sebagai berikut :

a). Satu set alat uji Marshall, yang terdiri dari :

- 1). Mesin penekan.
- 2). Kepala penekan (*breaking head*), yang berbentuk lengkung.
- 3). Cincin penguji (*proving ring*) yang mempunyai kapasitas 5000 kg (10.000lbs) dengan kalibrasi 53,84 yang dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0.0025 cm (0.001").
- 4). Arloji penunjuk kelelahan (*flow meter*) dengan ketelitian 0.01 mm. Perlu diingat bahwa untuk memperoleh nilai stabilitas terpakai, nilai p diatas masih harus dikalikan dengan suatu faktor tebal atau volume benda uji.
- 5). Cetakan benda uji, berbentuk silinder dengan diameter 10 cm (4"), tinggi 7.5 cm (3"), dilengkapi dengan pelat alas dan leher sambung.
- 6) Satu set peralatan manual terdiri dari :

Penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4.536 kg ( 10 lbs ) dengan tinggi 45.7 cm, Landasan pematik, Spatula dan *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan pada cetakan yang bekerja secara hidrolis.

b).Bak perendam.

- 1). Oven yang suhunya dapat diatur konstan  $\pm 40^{\circ}$  C.
- 2). Satu set saringan ukuran 1", 3/4", 3/8", no. 4, no. 8, no. 50, no. 200, dan pan.
- 3) Alat Bantu lain seperti panci pencampur dan sendok pengaduk
- 4) Gelas ukur dengan kapasitas 100 ml.
- 5) Timbangan digital dan timbangan mekanik.

## 2. Prosedur Laboratorium.

Urutan langkah-langkah yang harus dilakukan pada saat penelitian merencanakan *cold mix I (coating test)* atau kadar air penyelimutan, *cold mix II* (kadar air optimal pemadatan), dan *cold mix III* (aspal emulsi optimum), *cold mix IV* (variasi waktu masa simpan 0,2,4,6,8 dan 10 hari), tes Marshall untuk kadar aspal dan *filler* optimum.

### a). *Cold mix I* / coating test (kadar air penyelimutan)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kemampuan aspal emulsi mencapai penyelimutan yang optimal melalui bantuan tambahan air dengan kadar tertentu terhadap contoh agregat. Uji kadar air penyelimutan (*Coating test*) meliputi penilaian secara visual dari campuran untuk mencapai penyelimutan diperhitungkan sebagai prosentasi luas permukaan yang terselimuti oleh residu aspal dari total permukaan agregat. Kemampuan penyelimutan aspal emulsi peka terhadap kadar air dari agregat, sehingga tes ini dibuat dengan memvariasikan kadar air.

#### 1) Bahan benda uji.

Agregat sebanyak 1000 gr sesuai dengan gradasinya.

Kadar aspal emulsi dengan diambil perkiraan dengan rumus (SK-SNI-1992-02)

$$p = 0.05 A + 0.1 B + 0.5 C \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

A = Prosen Agregat yang tertahan saringan no. 8

B = Prosen Agregat yang lolos saringan no.8

C = Prosen Agregat yang lolos saringan no.200

Atau menggunakan rumus perkiraan untuk Kadar aspal emulsi (SK-SNI-1992-2)

$$p = \frac{0.035 A + 0.045 B + kC + F}{R} \dots\dots\dots 3.2$$

R

Keterangan :

A = Prosen agregat yang tertahan saringan no.8

B = Prosen Agregat yang lolos saringan no. 8

C = Prosen Agregat yang lolos saringan no. 200

F = 0 – 2 %

R = 0,7 – 1,0 untuk campuran Aspal beton,

R = 0,6 – 0,65 untuk campuran aspal emulsi

k = 0,15 untuk 11-15% lolos no.200

k = 0,18 untuk 6 – 10 % lolos no. 200

k = 0,20 untuk 5% dibawah lolos no. 200

2) Cara melakukan pembuatan benda uji.

- a). Masing- masing agregat dimasukkan dalam oven bersuhu  $\pm 105^\circ$  sampai berat tetap.
- b). Agregat yang telah kering oven dicampur sesuai dengan prosentase beratnya masing-masing  $\pm 1000$  gr dan ditempatkan pada panci pengaduk.
- c). Air bersih ditambahkan pada agregat campuran, diaduk hingga rata (homogen) selama  $\pm 1$  menit. Penambahan air dimulai 1% dari total berat agregat dan dilanjutkan dengan penambahan per 1%
- d). Aspal emulsi dituangkan kedalam agregat yang sudah basah air dengan jumlah berdasarkan prosen perkiraan terhadap campuran agregat kering, lalu diaduk selama lebih kurang 60 detik hingga rata.
- e). Campuran antara aspal emulsi dengan agregat diletakkan diatas pan dan dibiarkan hingga kering udara.
- f). Amati dan catat prosentase penyelimutan yang terjadi. Jika penyelimutan kurang dari 75% luas permukaan, langkah (c) sampai (e) diulangi dengan penambahan kadar air pada agregat kering sampai dengan diperoleh penyelimutan lebih besar 75%. Campuran yang terlalu basah harus dihindari.
- g). Jika penyelimutan lebih besar dari 75% tidak terpenuhi dengan cara penambahan air, jumlah pemakaian aspal emulsi ditambah dan diulangi langkah (c) sampai (f).

Prakiraan Kadar aspal emulsi yang digunakan :  $p = \frac{0.035 A + 0.045 B + kC + F}{R}$

Nilai konstanta yang dipakai sesuai dengan komposisi bahan susun *Cold Mix I* sesuai Lampiran 10 A = 65 ; B = 30.4; C = 4.6; F = 0.875; dan R = 0.625

$$p = \frac{0.035 \times 65 + 0.045 \times 30.4 + 0.2 \times 4.6 + 0.875}{0.625}$$

p = 9 %

Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen, seperti pada Tabel .3.6, untuk rancangan benda uji *Cold Mix I* dan Tabel 3.7 untuk komposisi benda uji menggunakan *filler* debu batu dan Tabel 3.8 untuk *PC*.

**Tabel 3.6** Rancangan benda uji pada *Cold Mix I* ( *coating test* )

Kadar air tambahan(%)	1	2	3	4	5
Kadar Aspal 9%	2	2	2	2	2

**Tabel 3.7** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler* Debu Batu

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Penambahan Air		Kadar Aspal Emulsi		Total Water in Mix (%)
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	# 200	Filler	%	gr	%	gr	
5%	25%	20%	15%	22.5%	7.9%	4.6%					
1							2	3	4	5	6
50	250	200	150	225	79	46	1	10	9	90	4.92
50	250	200	150	225	79	46	2	20	9	90	5.92
50	250	200	150	225	79	46	3	30	9	90	6.92
50	250	200	150	225	79	46	4	40	9	90	7.92
50	250	200	150	225	79	46	5	50	9	90	8.92

**Tabel 3.8** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler* Portland Cement

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Penambahan Air		Kadar Aspal Emulsi		Total Water in Mix (%)
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	# 200	Filler	%	gr	%	gr	
5%	25%	20%	15%	22.5%	7.9%	3.8%					
1							2	3	4	5	6
50	250	200	150	225	79	38	1	10	9	90	4.92
50	250	200	150	225	79	38	2	20	9	90	5.92
50	250	200	150	225	79	38	3	30	9	90	6.92
50	250	200	150	225	79	38	4	40	9	90	7.92
50	250	200	150	225	79	38	5	50	9	90	8.92

b). *Cold Mix II* / Pemeriksaan kadar air pepadatan.

Untuk menentukan kebutuhan air yang optimal pada campuran aspal emulsi. Pemeriksaan ini merupakan kelanjutan dari coating test yang dilakukan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen.

Cara melakukannya :

Menyiapkan komposisi benda uji, sesuai dengan prosentase gradasi campuran sebesar 1000 gr, selanjutnya adalah :

- 1) Menyiapkan aspal emulsi dengan kadar air seperti saat *coating test*, selanjutnya berfungsi sebagai konstanta pada penentuan kadar air optimum ini.
- 2) Menyiapkan air sebagai media pencampur secukupnya. Perhitungan kebutuhan air diperhitungkan sebagai berikut : prosen total kadar air dikurangi jumlah kadar air agregat dan kadar air dalam aspal emulsi dikalikan dengan berat volume agregat.
- 3) Menyiapkan lilin beserta data berat jenisnya.
- 4) Dengan kadar air emulsi konstan, dibuat variasi kandungan air campuran untuk mendapatkan kadar air optimum. Tiap variasi dibuat dua buah benda uji.
- 5) Campuran dimasukkan dalam panci pengaduk dicampur hingga rata (homogen) lalu dipadatkan dengan cetakan Marshall sebanyak 2 x 75 kali tumbukan (tiap sisi ditumbuk 75 kali).
- 6) Langkah (5) diatas diulangi untuk membuat 5 perbedaan kadar air campuran.
- 7) Campuran yang dipadatkan dibiarkan berada dalam cetakan selama  $\pm$  24 jam untuk memberikan kesempatan aspal emulsi mengalami proses *Setting*, cetakan dibiarkan terbaring.
- 8) Benda uji dikeluarkan lalu ditimbang di udara lalu diselimuti lilin panas sampai seluruh pori-pori benda uji tertutup.
- 9) Benda uji didinginkan lalu ditimbang lagi beratnya di udara dan didalam air.
- 10) Benda uji dipecah, diambil beberapa gumpalan untuk diperiksa kadar air, dihindari ikut terambil bagian yang berlilin.
- 11) Menghitung nilai Bulk dan *Dry Bulk Specific Gravity*-nya, lalu menetapkan kadar air optimum pada *Dry Bulk Specific Gravity* yang maksimum.

Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen, seperti pada Tabel 3.9, untuk rancangan benda uji *Cold Mix II* dan Tabel 3.10 untuk komposisi benda uji menggunakan *filler* debu batu dan Tabel 3.11 untuk *PC*.

**Tabel 3.9** Rancangan benda uji pada *Cold Mix II* Pemeriksaan Kadar Air pematatan

Kadar air tambahan(%)	3	4	5	6	7
Kadar Aspal 9 %	2	2	2	2	2

**Tabel 3.10** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler* Debu batu

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
3/4"	3/8"	#4	#8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5 %	25 %	20 %	15 %	22.5%	7.9 %	4.6 %						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	3	5.92	59.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	4	4.92	49.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	6	2.92	29.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	7	1.92	19.2

**Tabel 3.11** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler Portland cement*

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
3/4"	3/8"	#4	#8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5 %	25 %	20 %	15 %	22.5%	7.9 %	3.8 %						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	3	5.92	59.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	4	4.92	49.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	6	2.92	29.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	7	1.92	19.2

c) *Cold Mix III* / kadar aspal emulsi optimum.

Untuk menentukan kadar aspal optimum digunakan kadar air optimum dengan pematatan yang telah ditetapkan. Cara melakukan pembuatan benda uji :

- 1) Menyiapkan gradasi agregat sesuai dengan prosentase berat tertahan.
- 2) Dengan kadar air optimum, dibuat kadar aspal emulsi dan kadar campuran dengan kadar aspal emulsi ditetapkan 8%, 9%, 10%, 11% Campuran dimasukan dalam panci pengaduk dicampur hingga homogen, lalu dipadatkan dalam cetakan sebanyak 2 x 75 tumbukan.
- 3) Setelah dipadatkan campuran dibiarkan didalam cetakan selama  $\pm 24$  jam dalam kondisi cetakan terbaring pada posisinya.
- 4) Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dimasukan dalam oven bersuhu  $40^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam, untuk campuran melalui proses *curing* seperti keadaan dilapangan.
- 5) Benda uji dikeluarkan dari oven untuk *Dry Modified Marshall Stability Test* pada suhu  $28^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$  (suhu ruangan), sebagian untuk direndam dalam bak air dengan tinggi air separuh (separuh tinggi benda uji selama 24 jam, kemudian benda uji dibalik pada sisi lainnya selama 24 jam, untuk persiapan *Soaked Modified marshall Stability Test*, setelah perendaman 2 x 24 jam, benda uji dikeluarkan dari bak air dilap permukaannya, ditimbang, kemudian diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelehannya (*flow*).
- 6) Benda uji untuk *Dry Modified Marshall Stability Test*, setelah ditimbang diudara, dilapisi lilin cair sampai seluruh pori-pori tertutup rapat, kemudian ditimbang diudara dan ditimbang didalam air untuk mendapatkan atau menghitung *Bulk Specific Gravity*-nya. Segera setelah diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*.

Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen, seperti pada Tabel .3.12, untuk komposisi benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.13 dan Tabel 3.14 dengan perhitungan sama seperti perencanaan *cold mix II*. Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen.

**Tabel 3.12** Rancangan benda uji pada *Cold Mix III* Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal % Filler (%)	8		9		10		11	
	4.6	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D
3.8	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S

**Tabel: 3.13** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler* Debu batu 4,6%

(a) Kadar Aspal : 8 % ; Ka.emulsi 3.136% + Ka.bebas 4.904% + absorpsi agg. 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penam bahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	4.6%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	8	80	8.92	5	3.92	39.2

(b) Kadar Aspal : 9 % ; Kadar Air : 3.528% + 4.512% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penam bahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	4.6%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2

(c) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.92 % + 4.12% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penam bahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	4.6%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	10	100	8.92	5	3.92	39.2

(d) Kadar Aspal : 11 % ; Kadar Air : 4.312 % + 3.728% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penam bahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	4.6%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	11	110	8.92	5	3.92	39.2

**Tabel: 3.14** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar filler Portland cement 3.8%

(a) Kadar Aspal : 8 % ; Ka.emulsi 3.136% + Ka. Bebas 4.904% + Absorpsi Agg.0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	3.8%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	8	80	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	8	80	8.92	5	3.92	39.2

(b) Kadar Aspal : 9 % ; Kadar Air : 3.528% + 4.512% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	3.8%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2

(c) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.92 % + 4.12% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	3.8%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	10	100	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	10	100	8.92	5	3.92	39.2

(d) Kadar Aspal : 11 % ; Kadar Air : 4.312 % + 3.728% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	3.8%						
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	11	110	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	11	110	8.92	5	3.92	39.2

d) *Cold Mix IV* / variasi masa simpan dan stabilitas sisa

Untuk menentukan variasi masa simpan dan stabilitas sisa digunakan kadar air optimum pemadatan yang telah ditetapkan.

Cara melakukan pembuatan benda uji :

- 1) Menyiapkan gradasi agregat sesuai dengan prosentase berat tertahan.
- 2) Dengan kadar aspal emulsi optimum yang didapat dari *cold mix III.*, Campuran dimasukan dalam panci pengaduk dicampur hingga homogen, lalu dimasukan kedalam plastik diperam / disimpan , lama penyimpanan anantara 0, 2, 4, 6, 8, 10 hari.
- 3) Setiap interval 2 hari campuran aspal tsb ditumbuk Setelah dipadatkan campuran dibiarkan didalam cetakan selama  $\pm 24$  jam dalam kondisi cetakan terbaring pada posisinya.
- 4) Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dimasukan dalam oven bersuhu  $40^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam, untuk campuran melalui proses *curing* seperti keadaan dilapangan.
- 5) Benda uji dikeluarkan dari oven untuk *Dry Modified Marshall Stability Test* pada suhu  $28^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$  (suhu ruangan), sebagian untuk direndam dalam bak air dengan tinggi air separuh (separuh tinggi benda uji selama 24 jam, kemudian benda uji dibalik pada sisi lainnya selama 24 jam, untuk persiapan *Soaked Modified marshall Stability Test*, setelah perendaman 2 x 24 jam, benda uji dikeluarkan dari bak air dilap permukaannya, ditimbang, kemudian diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelehannya (*flow*).
- 6) Benda uji untuk *Dry Modified Marshall Stability Test*, setelah ditimbang diudara, dilapisi lilin cair sampai seluruh pori-pori tertutup rapat, kemudian ditimbang diudara dan ditimbang didalam air untuk mendapatkan atau menghitung *Bulk Specific Gravity*-nya. Segera setelah diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan flow .

Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen, seperti pada Tabel .3.15, untuk komposisi benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.16 dan Tabel 3.17 dengan perhitungan sama seperti perencanaan *cold mix III.* Pengujian ini dilakukan dua kali untuk *filler* debu batu sebagai standar dan *filler* semen.

**Tabel 3.15** Rancangan jumlah benda uji *Cold mix IV*

Masa Simpan (hari) Kadar Aspal Opt	0		2		4		6		8		10	
	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S
9 %												

**Tabel: 3.16** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler* Debu batu 4,6%

(b) Kadar Aspal : 9 % ; Ka.emulsi 3.528% + Ka.bebas 4.512% + Absorpsi Agg.0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	4.6%	2	3	4	5	6	7
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	46	9	90	8.92	5	3.92	39.2

**Tabel: 3.17** Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler Portland cement* 3.8%

(b) Kadar Aspal : 9 % ; Kadar Air : 3.528% + 4.512% + 0.88% = 8.92%

Kebutuhan Agregat menurut gradasi (gr)							Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar Air Hilang Target	
¾"	3/8"	# 4	# 8	#50	#200	Filler	%	gr			%	gr
5%	25%	20%	15%	22,5%	7.9%	3.8%	2	3	4	5	6	7
1							2	3	4	5	6	7
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2
50	250	200	150	225	79	38	9	90	8.92	5	3.92	39.2

e. Cara Analisis

1) Densitas dan *Void Analysis*

a) *Density/dry bulk specific gravity* ; gr/cc ( i )

$$i = \frac{g(100 + b)}{(100 + b + h)}$$

keterangan :

g = *Bulk Specific Gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air campuran hasil pemeriksaan (%)

rumus terkait :

(1)  $g = c/f$ ,

dengan :

c = berat benda uji di udara (gr)

f = Volume benda uji (cc)

$$h = (100 + b) \left( \frac{\text{massa air}}{\text{campuran kering}} \right)$$

(2)  $f = \frac{(d - e) - (d - c)}{\mu}$

keterangan :

e = berat benda uji + lilin dalam air (gram)

d = berat benda uji + lilin di udara (gram)

c = berat benda uji di udara (gram)

$\mu$  = berat jenis lilin (gr/cc)

2) Rongga dalam agregat (VMA) ; % ( j )

$$j = 100 \times \left[ \frac{100 + b + h}{g} - \frac{100}{s} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right]$$

keterangan :

g = *Bulk Specific Gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air campuran hasil pemeriksaan (%)

S = berat jenis semu

rumus terkait :

a)  $g = c/f$ ,

keterangan :

c = berat benda uji di udara (gr)

f = Volume benda uji (cc)

e = berat benda uji + lilin dalam air (gram)

d = berat benda uji + lilin di udara (gram)

c = berat benda uji di udara (gram)

$\mu$  = berat jenis lilin (gr/cc)

$$b) h = (100 + b) \left( \frac{\text{massaair}}{\text{campuran kering}} \right)$$

$$c) f = \frac{(d - e) - (d - c)}{\mu}$$

3) Total rongga (k); %

$$k = 100 \times \left[ \frac{100 + b + h}{g} - \frac{100}{s} - \frac{b}{A} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right]$$

keterangan

$g$  = Bulk Specific Gravity (gr/cc)

$b$  = kadar aspal dalam campuran (%)

$h$  = kadar air campuran hasil pemeriksaan (%)

$S$  = berat jenis semu

rumus terkait :

a)  $g = c/f$ ,

keterangan :

$c$  = berat benda uji di udara (gr)

$f$  = Volume benda uji (cc)

$e$  = berat benda uji + lilin dalam air (gram)

$d$  = berat benda uji + lilin di udara (gram)

$c$  = berat benda uji di udara (gram)

$\mu$  = berat jenis lilin (gr/cc)

$$b) h = (100 + b) \left( \frac{\text{massaair}}{\text{campuran kering}} \right)$$

$$c) f = \frac{(d - e) - (d - c)}{\mu}$$

4) Rongga udara (l), (%)

$$l = k - \left[ \frac{h \times 100}{b_{\text{jair}}} \right] / \left[ \frac{100 + b + h}{g} \right]$$

keterangan :

$g$  = Bulk Specific Gravity (gr/cc)

$b$  = kadar aspal dalam campuran (%)

$h$  = kadar air campuran hasil pemeriksaan (%)

$k$  = total rongga (%)

rumus terkait :

a)  $g = c/f$ ,

keterangan :

$c$  = berat benda uji di udara (gr)

$f$  = Volume benda uji (cc)

$e$  = berat benda uji + lilin dalam air (gram)

$d$  = berat benda uji + lilin di udara (gram)

$c$  = berat benda uji di udara (gram)

$\mu$  = berat jenis lilin (gr/cc)

$$b) \quad h = (100 + b) \left( \frac{\text{massaair}}{\text{campuran kering}} \right)$$

$$c) \quad f = \frac{(d-e) - (d-c)}{\mu}$$

1) Penyerapan air / *Water Absorption* (n) ; %

$$n = \frac{m-c}{c} \times 100\%$$

keterangan :

n = Penyerapan air (%)

m = berat b.u SSD setelah direndam 2 x 24 jam (gr)

c = berat b.u + lilin di dalam air (gr)

2) Uji *Marshall*

a) Stabilitas (q); kg

$$q = k \times p$$

keterangan :

p = nilai stabilitas terpakai (Kg)

k = angka koreksi volume / tebal benda uji

q = nilai stabilitas setelah dikalibrasi (kg)

b) Stabilitas sisa (*Retained Stability*) (s) ; %

$$s = \frac{S_b}{S_k} \times 100\%$$

keterangan :

s = Stabilitas sisa (%)

S<sub>b</sub> = Stabilitas basah / *Soaked Modified Marshall Stability* (kg)

S<sub>k</sub> = Stabilitas kering / *Dry Modified Marshall Stability* (kg)

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi : pengujian aspal emulsi tipe *AE-63 S*, pengujian agregat dan pengujian *Marshall Modified*.

#### a. Hasil pemeriksaan karakteristik CEBR tipe III

Persyaratan dan hasil pemeriksaan mutu bahan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.4 di bawah ini.

**Tabel 4.1 Hasil rerata Pemeriksaan Aspal Emulsi Kationik Tipe *AE - 63 S***

No	Jenis pemeriksaan	syarat	Hasil rerata
1.	<i>Water content (%)</i>	maks 43	39,21
2.	<i>Storage stability 24 hour (%)</i>	0 - 1	0,72
3.	<i>Viscosity SF. 25°C</i>	20 -100	24 s
4.	<i>Homogeneity by sieving (%)</i>	0-0,1%	0,02
5	<i>Residue from evaporation test (%)</i>	min 57	60,79
6	<i>Perticle Charge</i>	positif	positif

**Tabel 4.2. Hasil rerata Pemeriksaan Agregat kasar**

No	Jenis pemeriksian	Syarat	Hasil rerata
1.	Keausan dgn. Mesin Los Angeles (%)	Maks. 40	36,5
2.	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	Min. 90	98
3.	Penyerapan agregat terhadap air (%)	Maks. 3	1,18
4.	Berat jenis semu (gr/cc)	Min. 2,5	2,607
5.	Berat jenis kering oven (gr/cc)	Min. 2,5	2,529

**Tabel 4.3. Hasil rerata Pemeriksaan Agregat Halus**

No	Jenis pemeriksian	Syarat	Hasil rerata
1.	Nilai <i>sand equivalent (%)</i>	Min. 50	91,50
2.	Penyerapan agregat terhadap air (%)	Maks. 3	1,833
3.	Berat jenis semu (gr/cc)	Min. 2,5	2,683
4.	Berat jenis kering oven (gr/cc)	Min. 2,5	2,557

**Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan *filler***

No	Jenis pemeriksian	Satuan	Syarat	Hasil
1.	Berat jenis <i>filler</i> debu batu	gr/cc	-	2,625
2.	Berat jenis <i>filler portland cement</i>	gr/cc.	-	3,174

Dari hasil pemeriksaan bahan seperti tersebut di atas dapat dilihat bahwa bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun CEBR tipe III, sehingga dilanjutkan dengan tahap perencanaan campuran.

**b. Pengujian Cold mix I (coating test)**

Setelah pemeriksaan mutu bahan karakteristik CEBR tipe III, dinyatakan memenuhi persyaratan, selanjutnya dimulai pengujian *Cold mix I (coating test)*, ini merupakan penilaian secara visual dari campuran CEBR, dimana nilai penyelimutan diperhitungkan sebagai prosentase luas permukaan yang terselimuti oleh aspal dari total permukaan agregat dengan persyaratan minimal 75 %, hasil uji *coating test* tersebut adalah :

Sesuai rencana telah dibuat benda uji dengan jumlah 5 (lima) buah, komposisi benda uji seperti pada Tabel 3.7 untuk *filler* debu batu sebagai standar dan Tabel 3.8 untuk *filler portland cement*, dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

**Tabel 4.5 Hasil Pengujian coating untuk filler Debu Batu**

Berat agr. (gr)	Kadar Aspal Emulsi (%)	Mix Time (s)	Drying Time (s)	Penambahan Air (%)	Kadar Air Emulsi (%)	Ka. Air Agr. (%)	Total Water in Mix (%)	Estimate Degree of Coating (%)
1000	9	30	90	1	3.92	0.88	5.8	65
1000	9	30	90	2	3.92	0.88	6.8	75
1000	9	30	90	3	3.92	0.88	7.8	85
1000	9	30	90	4	3.92	0.88	8.8	90
1000	9	30	90	5	3.92	0.88	9.8	95

**Tabel 4.6 Hasil Pengujian coating untuk filler portland cement**

Berat agr. (gr)	Kadar Aspal Emulsi (%)	Mix Time (s)	Drying Time (s)	Penambahan Air (%)	Kadar Air Emulsi (%)	Ka. Air Agr. (%)	Total Water in Mix (%)	Estimate Degree of Coating (%)
1000	9	30	90	1	3.92	0.88	5.8	70
1000	9	30	90	2	3.92	0.88	6.8	80
1000	9	30	90	3	3.92	0.88	7.8	85
1000	9	30	90	4	3.92	0.88	8.8	90
1000	9	30	90	5	3.92	0.88	9.8	95

Dari hasil *coating test* untuk kadar aspal 9 %, perlu penambahan air 5% sehingga total air pada campuran sebesar 9,8 % dengan tingkat penyelimutan sebesar 95 % > 75 % (minimal), untuk kedua *filler* debu batu dan *PC* uji *cold mix* selanjutnya menggunakan kadar air 8,92 %

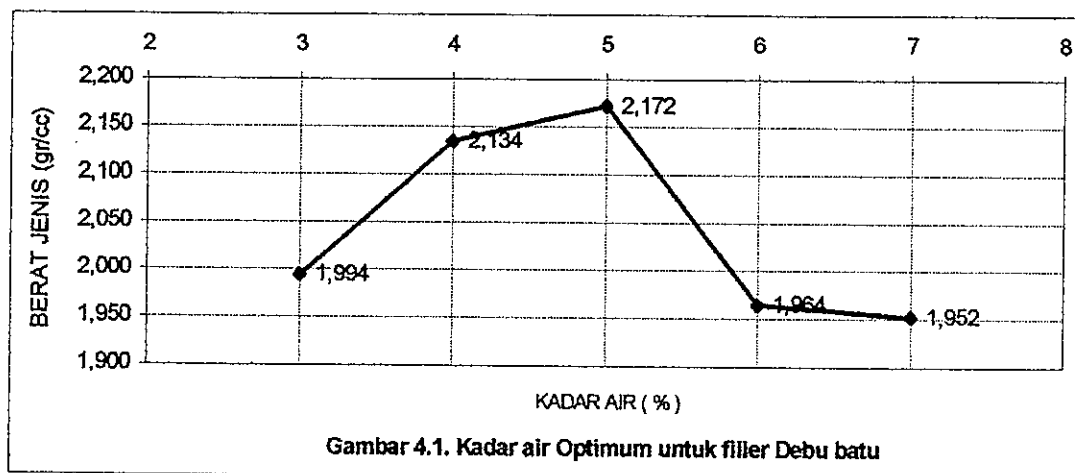
**c. Pengujian Cold mix II (kadar air optimum pemadatan)**

Pengujian kadar air optimum adalah untuk menentukan kebutuhan air optimum pemadatan pada CEBR, adapun hasil pengujian kadar air optimum, adalah sebagai berikut :

1) Pengujian Cold Mix II penentuan kadar air untuk benda uji dengan filler debu batu. Sesuai rencana telah dibuat benda uji dengan jumlah 5 (lima) buah, hasil uji seperti pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7. Perhitungan Kadar Air Optimum Pemadatan Filler Debu batu**

Kadar air (%)	Berat benda uji			Volume benda uji $(C - D) - (C - B)/\mu$ (cc)	BJ Bulk basah B/E (gr/cc)	Kadar air saat ini Pengujian (%)	BJ Bulk kering $\frac{F(100 - b)}{100 + b + G}$ (gr/cc)
	Diudara (gr)	+ Lilin di udara (gr)	+ Lilin di air (gr)				
A	B	C	D	E	F	G	H
3	1090	1100	582	502.97	2.167	4.127	2.001
3	1083	1091	576	501.98	2.157	4.415	1.987
							1.994
4	1087	1096	619	463.366	2.346	4.52	2.201
4	1088	1099	588	495.050	2.198	4.219	2.068
							2.134
5	1088	1094	603	480.198	2.266	4.127	2.176
5	1080	1083	601	474.257	2.277	4.996	2.169
							2.172
6	1068	1073	552	510.891	2.090	2.019	1.931
6	1059	1065	567	487.129	2.174	2.565	1.998
							1.964
7	1048	1055	520	528.07	1.985	2.12	1.946
7	1059	1067	530	529.08	2.002	2.34	1.958
							1.952



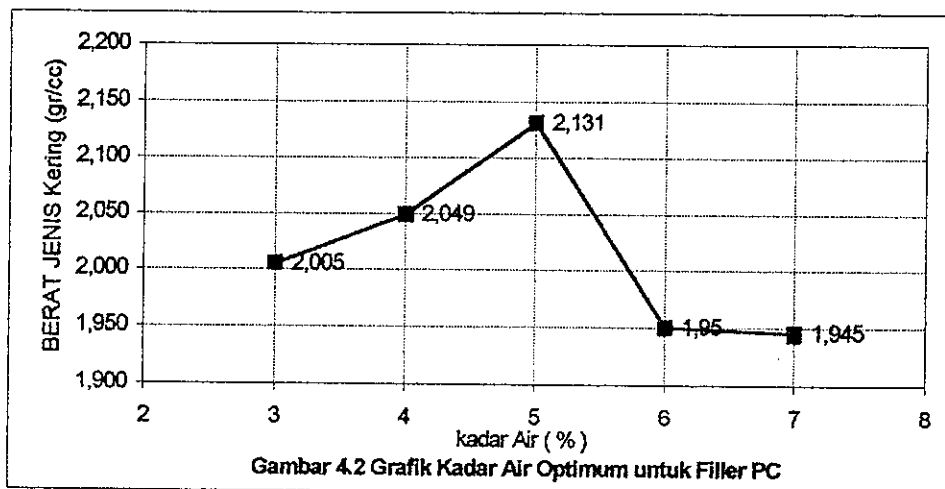
**Gambar 4.1. Kadar air Optimum untuk filler Debu batu**

Dari data Tabel 4.7 disajikan dalam Gambar 4.1, hasil pengujian *Cold mix II* untuk *filler* debu batu didapat kadar air optimum pemadatan pada Berat jenis Bulk kering maksimum 5 %.

2) Pengujian *Cold Mix II* penentuan kadar air untuk benda uji dengan *filler Portland Cement*. Sesuai rencana telah dibuat benda uji dengan jumlah 5 (lima) buah, hasil uji seperti pada Tabel 4.8

**Tabel 4.8.**Perhitungan Kadar Air Optimum Pemadatan *Filler Portland Cement*

Kadar air (%)	Berat benda uji			Volume benda uji (C - D) - (C - B)/μ (cc)	BJ Bulk basah B/E (gr/cc)	Kadar air saat ini Pengujian (%)	BJ Bulk kering $\frac{F(100 - b)}{100 + b + G}$ (gr/cc)
	Diudara (gr)	+ Lilin di udara (gr)	+ Lilin di air (gr)				
A	B	C	D	E	F	G	H
3	1063	1073	570	488.119	2.178	4.52	2.004
3	1083	1099	582	496.040	2.183	4.63	2.007
							<b>2.005</b>
4	1090	1094	577	507.921	2.146	4.219	2.019
4	1084	1089	588	491.089	2.207	4.127	2.079
							<b>2.049</b>
5	1046	1055	570	471.287	2.219	4.52	2.123
5	1060	1071	571	484.158	2.189	2.373	2.139
							<b>2.131</b>
6	1075	1085	568	501.98	2.142	3.874	1.944
6	1072	1089	572	495.05	2.165	4.415	1.955
							<b>1.950</b>
7	1069	1083	536	533.14	2.005	3.92	1.933
7	1073	1087	547	526.14	2.039	4.42	1.957
							<b>1.945</b>



Gambar 4.2 Grafik Kadar Air Optimum untuk Filler PC

Dari data Tabel 4.8 disajikan dalam Gambar 4.2, hasil pengujian *Cold mix II* untuk *filler Portland Cement* didapat kadar air optimum pemadatan pada Berat jenis Bulk kering maksimum 5 %.

**d. Pengujian *Cold mix III (Job Mix Formula)* untuk CEBR tipe III**

Pada *cold mix III* ditentukan kadar *filler* Debu batu 4,6 % dan *filler Portland cement* setara dengan *filler* Debu batu pada kadar 3,8 %, dan variasi kadar aspal emulsi 8 %, 9 %, 10 % dan 11 %. Untuk memperoleh gradasi yang diinginkan dengan kadar *filler* ditentukan dan variasi kadar aspal emulsi seperti tersebut diatas digunakan gradasi yang telah ditetapkan, cara melakukan adalah sebagai berikut :

Perhitungan bahan susun benda uji *cold mix III* dapat dilihat pada lampiran 14 untuk *filler* Debu batu dan lampiran 15 untuk *filler PC*, serta hasil pengujian seperti pada Tabel 4.9 sampai dengan Tabel 4.11, yang menggambarkan hubungan kadar aspal residu dengan nilai-nilai hasil *test Modified Marshall*, untuk masing-masing *filler*.

**Tabel 4.9. Persyaratan Sifat Marshall CEBR Type III**

No.	Parameter Marshall	Syarat
1	VMA	5 - 10 %
2	Stabilitas Rendaman	>300 kg
3	Stabilitas Sisa	> 50 %
4	Penyerapan Air	< 4 %

**Tabel 4.10. Hasil test Marshall pada Kadar *filler* Debu batu 4.6 %**

No	Karakteristik CEBR	Kadar Aspal Emulsi ( % )			
		8	9	10	11
1	Kadar Air (%)	2.364	2.474	3.546	3.788
2	Densitas Basah (gr/cc)	2.029	2.040	2.032	2.022
3	Densitas Kering (gr/cc)	1.983	1.992	1.971	1.953
4	VMA (%)	6.695	6.549	6.784	7.005
5	Total Rongga (%)	18.33	17.98	18.84	19.55
6	Rongga Udara (%)	13.80	13.20	12.70	12.70
7	Absorpsi (%)	0.837	1.116	0.973	1.018
8	Stabilitas Kering (kg)	717.4	935.6	760.4	686
9	Stabilitas Rendaman (kg)	414.3	829.28	634.34	544.48
10	Stabilitas Sisa (%)	59.06	89.06	83.45	79.48
11	Flow (mm)	4.46	4.04	4.34	4.49

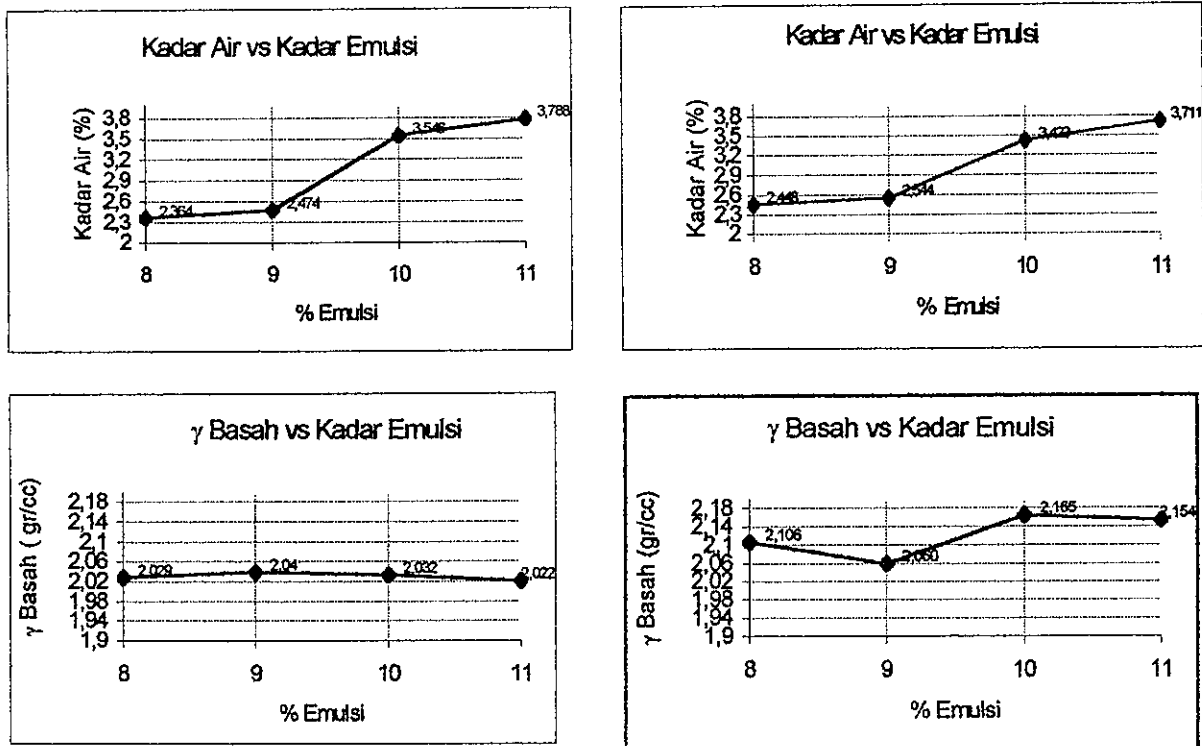
**Tabel 4.11.** Hasil test Marshall pada Kadar *filler Portland Cement 3.8 %*

No	Karakteristik CEBR	Kadar Aspal Emulsi (%)			
		8	9	10	11
1	Kadar Air (%)	2.448	2.544	3.423	3.711
2	Densitas Basah (gr/cc)	2.106	2.060	2.165	2.154
3	Densitas Kering (gr/cc)	2.060	2.014	2.100	2.082
4	VMA (%)	5.585	6.242	4.969	5.160
5	Total Rongga (%)	15.17	17.08	13.51	14.24
6	Rongga Udara (%)	10.5	12.40	7.05	7.10
7	Absorpsi (%)	0.997	0.923	1.041	1.034
8	Stabilitas Kering (kg)	886.6	1104	1051	1010
9	Stabilitas Rendaman (kg)	794.37	991.85	956.58	903.43
10	Stabilitas Sisa (%)	89.88	89.96	91.17	89.57
11	Flow (mm)	3.88	3.79	3.91	3.91

Grafik Penentuan Aspal Emulsi Optimum dengan menggunakan *filler* debu batu dan PC pada *Cold Mix III* terhadap nilai karakteristik *Marshall* untuk Campuran CEBR Tipe III, seperti pada Gambar 4.3, dibawah ini.

*Filler Debu Batu*

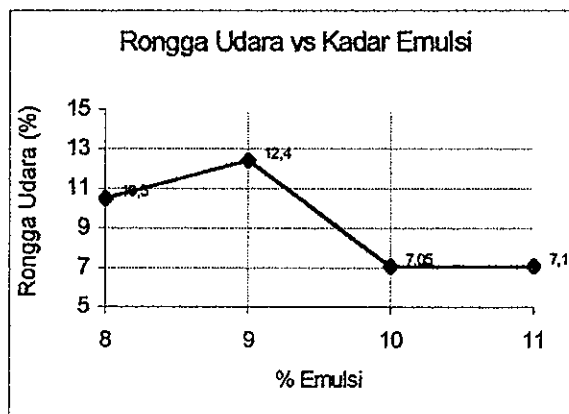
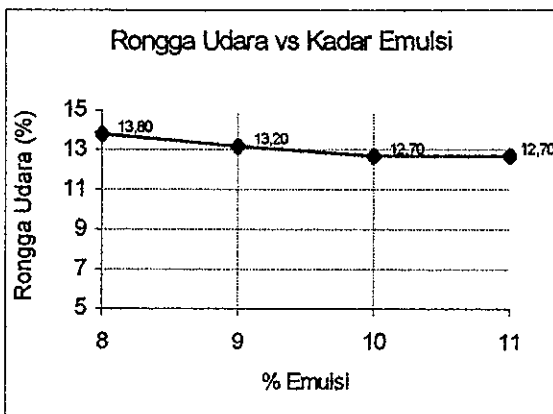
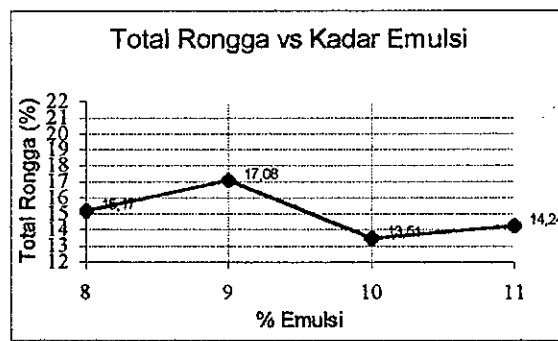
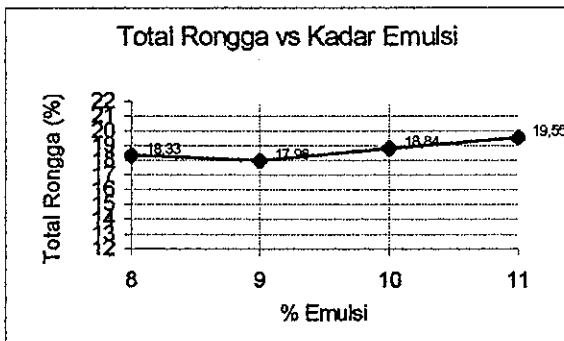
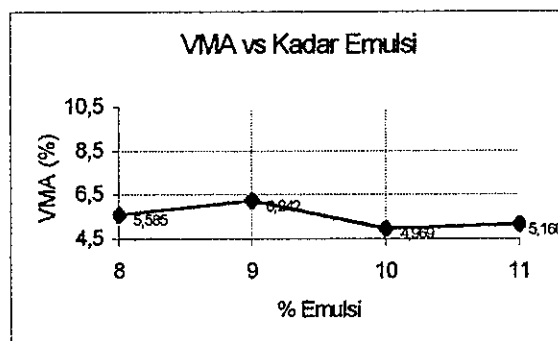
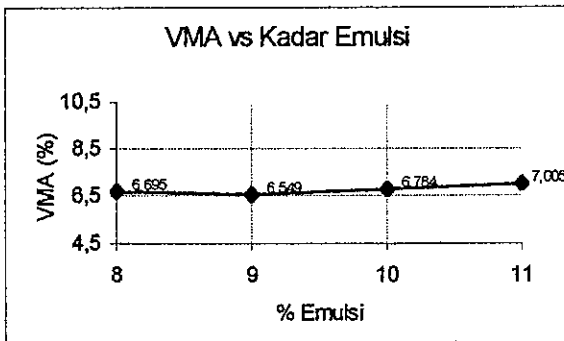
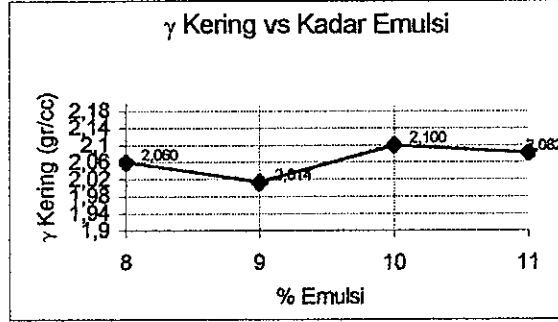
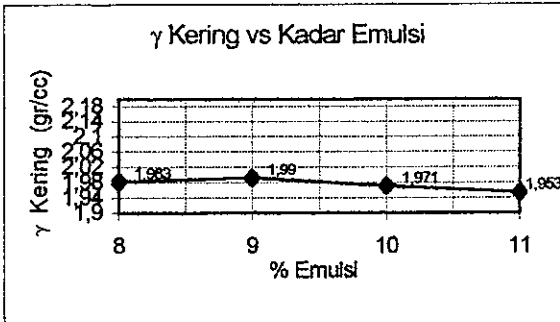
*Filler Portland Cement*



**Gambar 4.3.** Grafik Nilai Karakteristik *Marshall* untuk Penentuan Aspal Emulsi Optimum

Filler Debu Batu

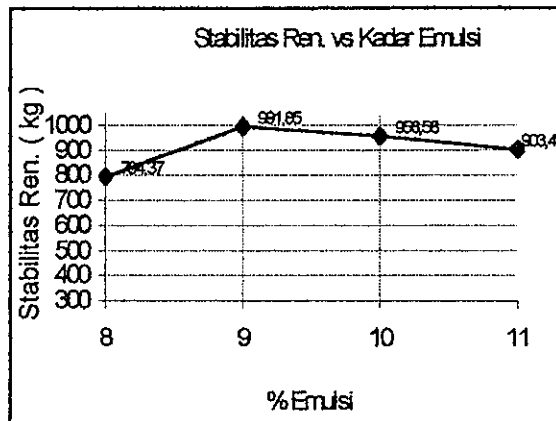
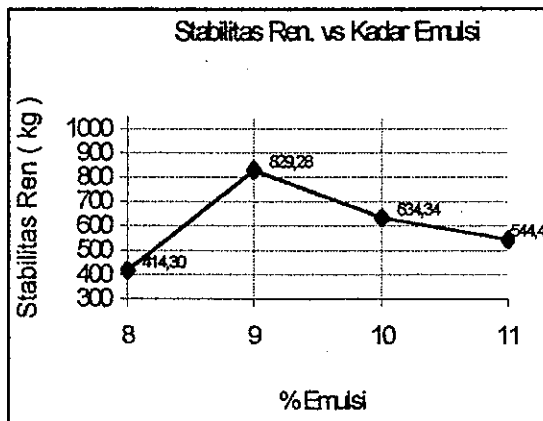
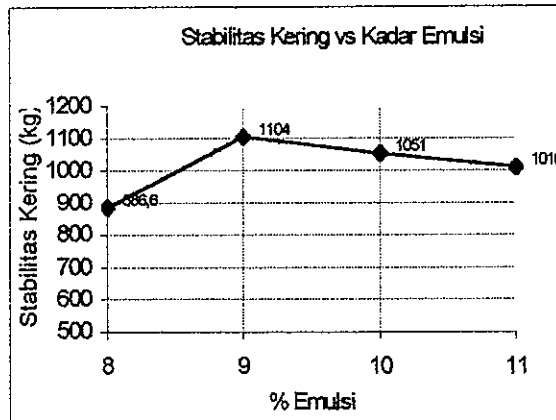
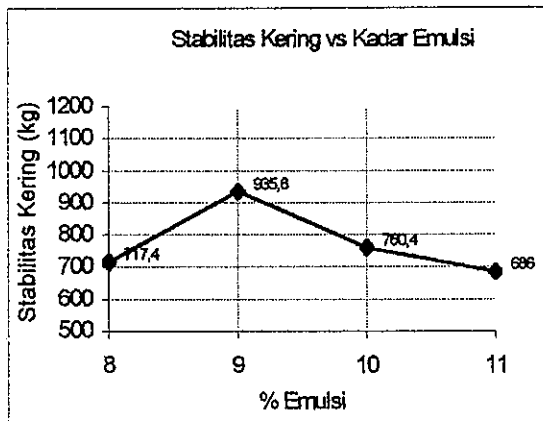
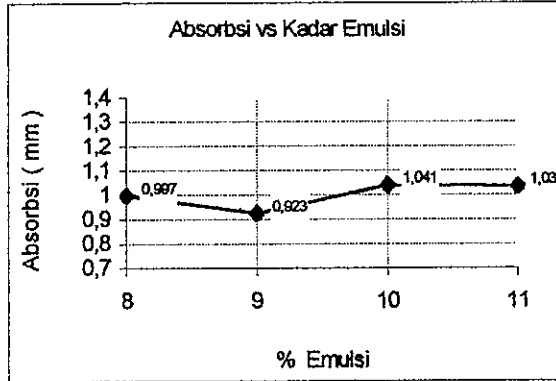
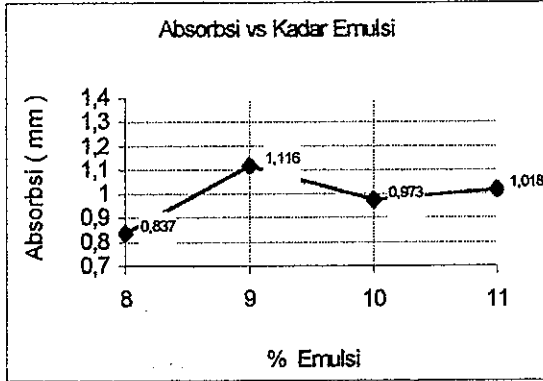
Filler Portland Cement



Lanjutan Gambar 4.3. Grafik Nilai Karakteristik Marshall untuk Penentuan Aspal Emulsi Optimum

*Filler Debu Batu*

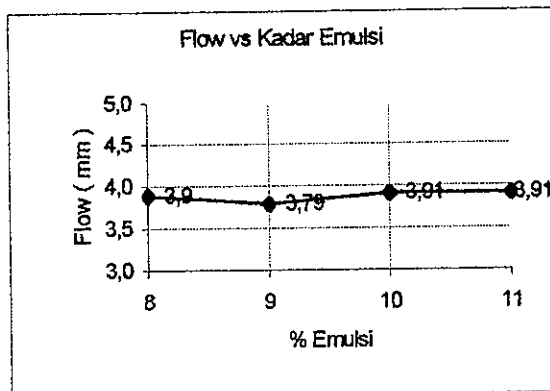
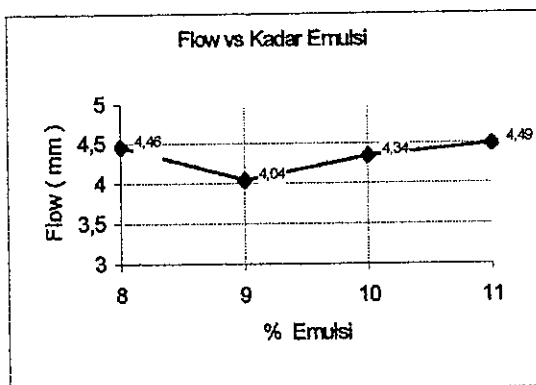
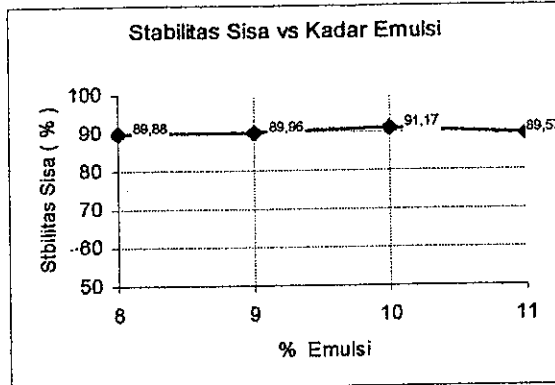
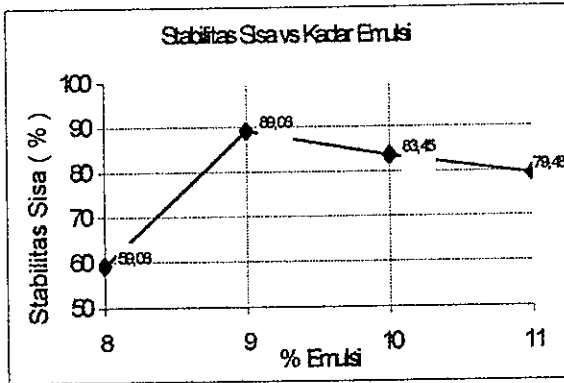
*Filler Portland Cement*



Lanjutan Gambar 4.3. Grafik Nilai Karakteristik *Marshall* untuk Penentuan Aspal Emulsi Optimum

*Filler Debu Batu*

*Filler Portland Cement*

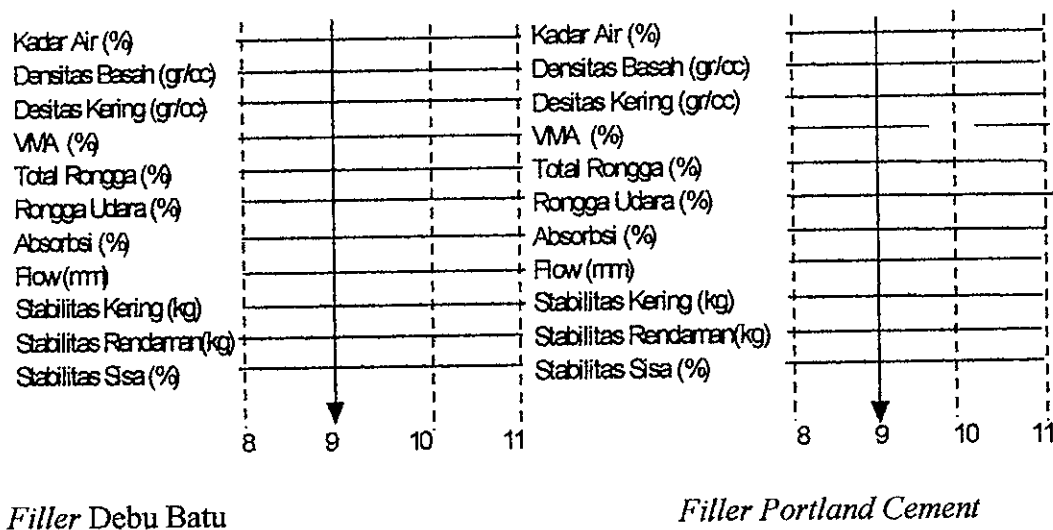


**Lanjutan Gambar 4.3.** Grafik Nilai Karakteristik *Marshall* untuk Penentuan Aspal Emulsi Optimum

Dari hasil Pengujian *cold mix III*, didapat 11 (sebelas) parameter pengujian yang terdiri 4 (empat) parameter persyaratan pengujian dari Spesifikasi Khusus Bina Marga 1991, terdiri dari *VMA*, Stabilitas rendaman, Stabilitas sisa dan Absorpsi serta 7 (tujuh) parameter pengujian, yang terdiri dari Kadar air, Densitas basah, Densitas kering, Total Rongga, Rongga udara, Stabilitas kering dan *Flow*.

Dari hasil pengamatan pengujian parameter seperti Tabel 4.10 untuk *filler* Debu batu dan Tabel 4.11 untuk *filler PC* dan Gambar 4.3 di atas didapat untuk nilai  $VMA_{\text{debubatu}}$  optimum 6.549 % dan  $VMA_{PC}$  optimum 6.242 %, Stabilitas Rendaman<sub>debubatu</sub> 829,28 kg dan nilai Stabilitas Rendaman<sub>PC</sub> 991.85 kg, nilai Stabilitas Sisa<sub>debubatu</sub> 89.06% dan nilai Stabilitas Sisa<sub>PC</sub> 89.96%, Absorpsi<sub>debubatu</sub> 1.116% dan nilai Absorpsi<sub>PC</sub> 0.923%, semua pada kadar aspal emulsi 9%. Untuk

itu secara proporsional ditentukan *cold mix* III pada kadar aspal emulsi AE-63 S (*slow setting*) sebesar 9 %. Seperti pada Gambar 4.4. dibawah ini.



**Gambar 4.4.** Penentuan Nilai Kadar Aspal Emulsi Optimum

**e. Pengujian *Cold mix* IV ( masa simpan ) untuk CEBR tipe III**

Pada *cold mix* IV ditentukan kadar *filler* Debu batu 4,6 % dan *filler Portland cement* setara dengan *filler* Debu batu pada kadar 3,8 %, dan kadar aspal emulsi optimum pada kadar 9 %, dan divariasikan masa simpan campuran CEBR tipe III pada (0, 2, 4, 6, 8, 10) hari. Untuk memperoleh gradasi yang diinginkan dengan kadar *filler* dan kadar aspal emulsi yang sudah ditentukan seperti tersebut diatas digunakan gradasi yang telah ditetapkan.

Perhitungan bahan susun benda uji *cold mix* IV dapat dilihat pada Lampiran 16 untuk *filler* Debu batu dan Lampiran 17 untuk *filler PC*, serta hasil pengujian seperti pada Tabel 4.12 sampai dengan Tabel 4.14, dan Gambar 4.5 yang menggambarkan hubungan masa simpan CEBR tipe III dengan nilai-nilai hasil *test Modified Marshall*, untuk masing-masing *filler*.

**Tabel 4.12.** Persyaratan Sifat Marshall CEBR Type III

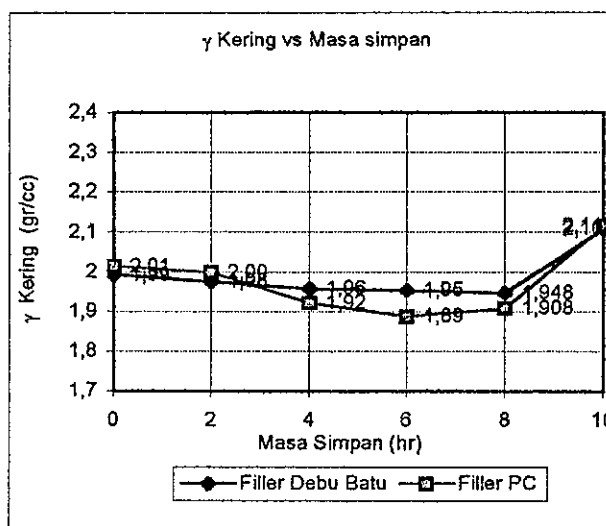
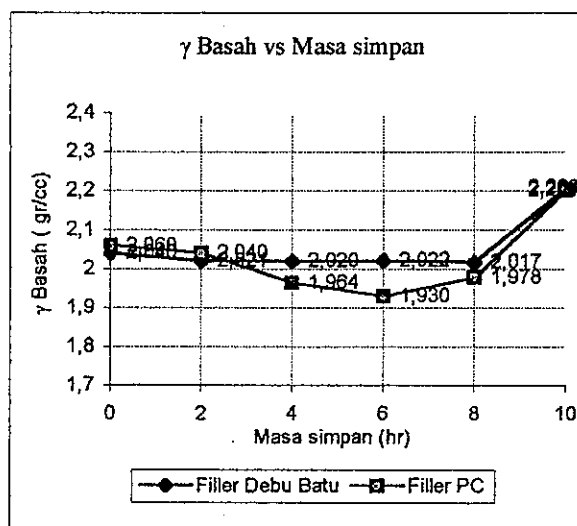
No.	Parameter Marshall	Syarat
1	VMA	5 - 10 %
2	Stabilitas Rendaman	>300 kg
3	Stabilitas Sisa	> 50 %
4	Penyerapan Air	< 4 %

**Tabel 4.13.** Hasil test Marshall pada Kadar Aspal emulsi 9 % Filler Debu batu

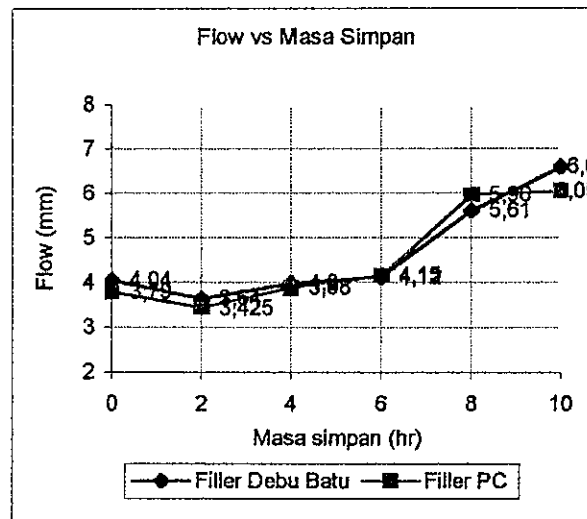
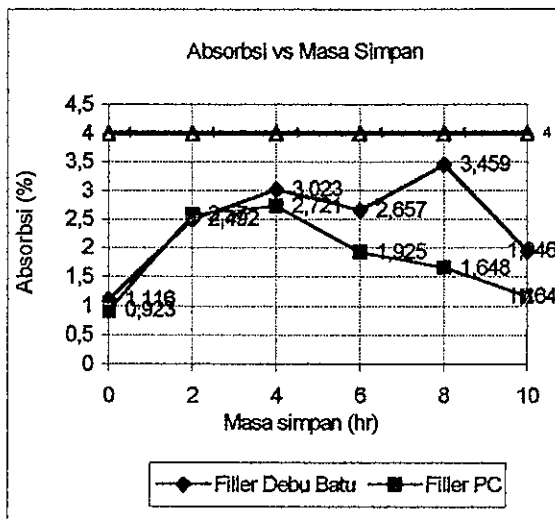
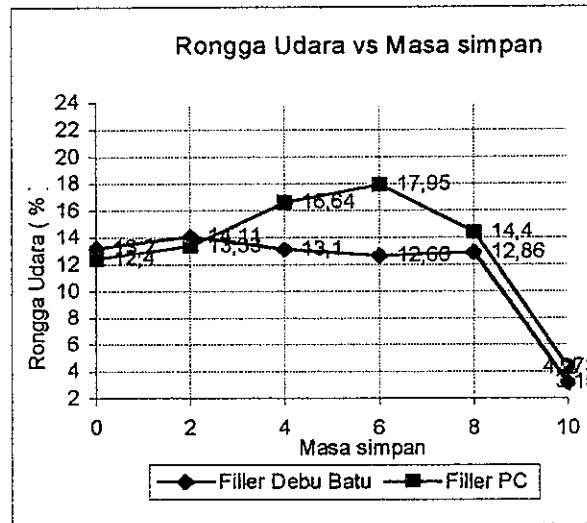
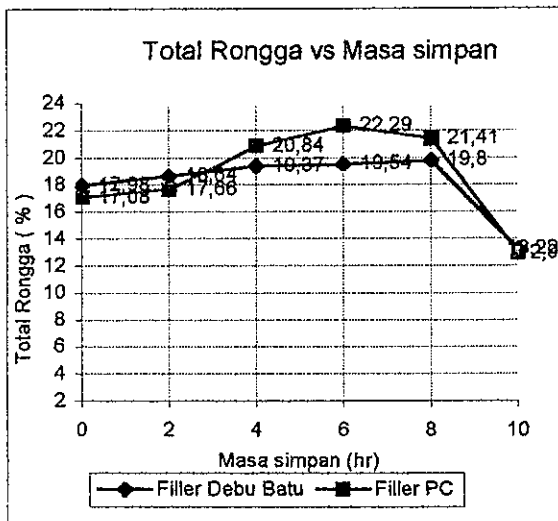
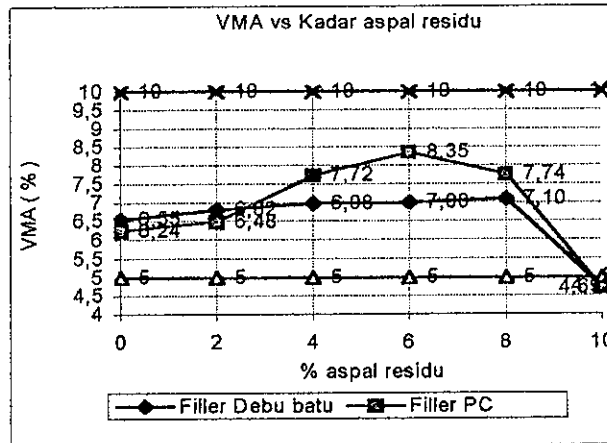
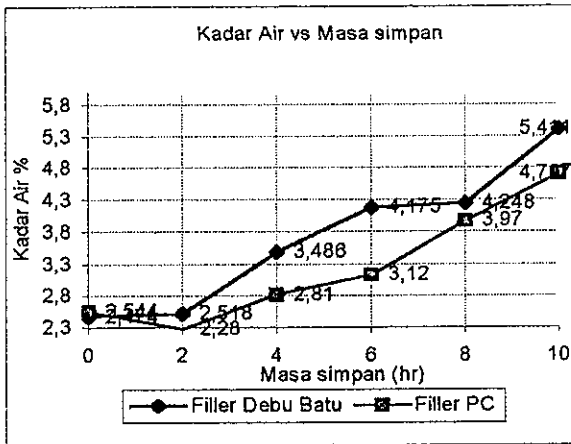
No	Karakteristik CEBR	Masa simpan ( hari )					
		0	2	4	6	8	10
1	Kadar Air (%)	2.474	2.518	3.486	4.175	4.248	5.411
2	Densitas Basah (gr/cc)	2.040	2.021	2.02	2.022	2.017	2.208
3	Densitas Kering (gr/cc)	1.992	1.976	1.958	1.954	1.948	2.107
4	VMA (%)	6.549	6.816	6.975	7.00	7.097	4.724
5	Total Rongga (%)	17.98	18.64	19.37	19.54	19.80	13.22
6	Rongga Udara (%)	13.20	14.11	13.10	12.66	12.86	3.15
7	Absorpsi (%)	1.116	2.492	3.023	2.657	3.459	1.946
8	Stabilitas Kering (kg)	935.6	648.7	538	508.8	458.4	177.2
9	Stabilitas Rendaman (kg)	829.28	516.3	376	298.6	210	56.16
10	Stabilitas Sisa (%)	89.06	79.51	70.33	61.69	45.81	36.9
11	Flow (mm)	4.04	3.64	3.98	4.12	5.61	6.60

**Tabel 4.14.** Hasil test Marshall pada Kadar Aspal emulsi 9 % Filler PC

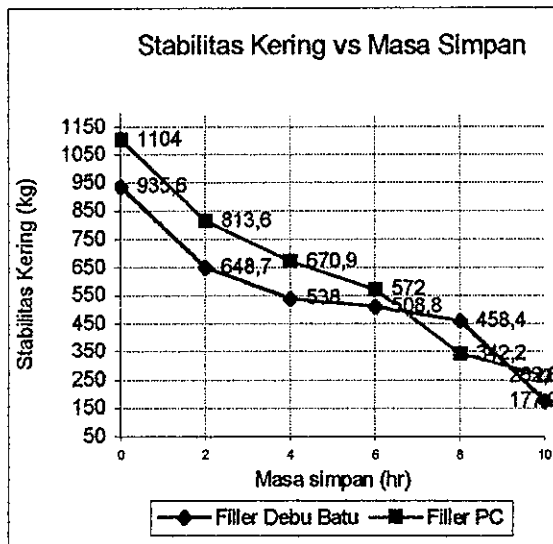
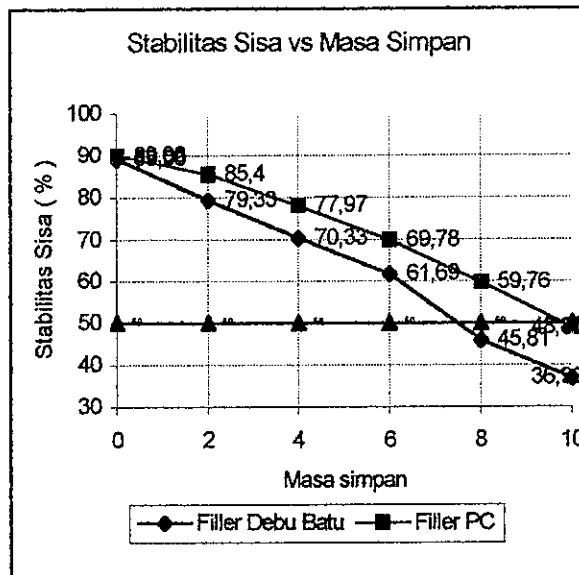
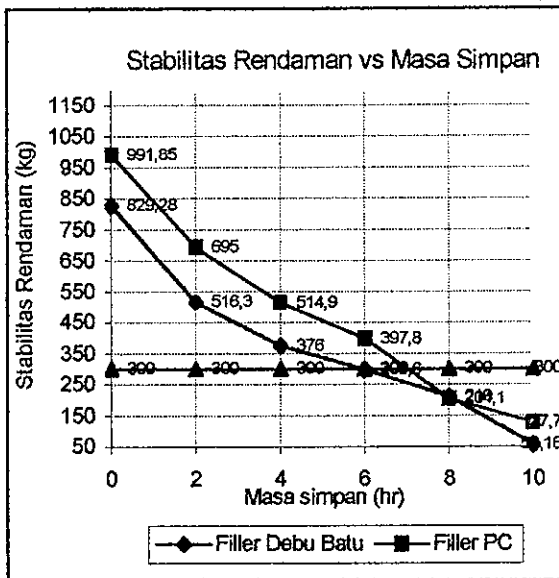
No	Karakteristik CEBR	Masa simpan ( hari )					
		0	2	4	6	8	10
1	Kadar Air (%)	2.544	2.276	2.813	3.123	3.972	4.707
2	Densitas Basah (gr/cc)	2.060	2.040	1.964	1.93	1.978	2.201
3	Densitas Kering (gr/cc)	2.014	1.999	1.922	1.887	1.908	2.115
4	VMA (%)	6.242	6.48	7.719	8.345	7.74	4.693
5	Total Rongga (%)	17.08	17.66	20.84	22.29	21.41	12.90
6	Rongga Udara (%)	12.40	13.33	16.64	17.95	14.40	4.273
7	Absorpsi (%)	0.923	2.574	2.721	1.925	1.648	1.164
8	Stabilitas Kering (kg)	1104	813.6	670.9	572	342.2	262.6
9	Stabilitas Rendaman (kg)	991.85	695	514.9	397.8	204.1	127.7
10	Stabilitas Sisa (%)	89.96	85.4	77.97	69.78	59.76	48.85
11	Flow (mm)	3.79	3.425	3.88	4.15	5.96	6.05



**Gambar 4.5.** hubungan Masa simpan dengan nilai-nilai hasil *test Modified Marshall*, untuk masing-masing kadar aspal emulsi optimun pada *filler* Debu batu dan *filler* Portland cement



Lanjutan Gambar 4.5. hubungan Masa simpan dengan nilai-nilai hasil *test Modified Marshall*, untuk masing-masing kadar aspal emulsi optimun pada filler Debu batu dan filler Portland cement



Lanjutan Gambar 4.5. hubungan Masa simpan dengan nilai-nilai hasil *test Modified Marshall*, untuk masing-masing kadar aspal emulsi optimun pada *filler* Debu batu dan *filler* Portland cement

#### 4.2. Pembahasan

Dari data-data hasil pengujian selanjutnya di bahas sesuai hasil di atas.

##### a. Pengaruh Masa Simpan terhadap densitas

Kerapatan campuran (densitas) menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Nilai densitas mencerminkan tingkat

kepadatan dari suatu campuran. Makin tinggi nilai densitas berarti campuran tersebut makin padat. Campuran yang mempunyai kerapatan yang tinggi akan memiliki kekuatan menahan beban lalu lintas lebih tinggi daripada campuran yang kerapatannya rendah

Nilai densitas (kerapatan) yang dihasilkan pada penelitian ini, mencakup densitas basah yaitu berat volume benda uji basah, dan densitas kering yaitu berat volume benda uji kering untuk masing-masing filler Debu batu dan *Portland cement* pada kadar aspal emulsi dan kadar *filler* yang sama (9%) dan masa simpan yang berbeda seperti pada Gambar 4.6. untuk filler Debu batu dan *filler Portland cement*

Pada Gambar 4.6. terlihat bahwa semakin lama masa simpan, maka nilai densitas baik basah maupun kering cenderung menurun sampai batas optimum dan kemudian meningkat untuk semua CEBR Debu batu dan CEBR *PC*. Secara keseluruhannya sesuai standar Bina Marga tahun 1991 dan *The Asphalt Institute MS-19* tahun 1979 untuk masa simpan (0 s/d 10 hari) dengan menggunakan *filler* untuk Debu batu dan *Portland cement* memenuhi syarat.

Jika dibandingkan antara kedua jenis CEBR tersebut, dalam tinjauan masa simpan yang sama pada awalnya untuk masa simpan 0 hari sampai 2 hari densitas basah dan densitas kering CEBR *PC* lebih besar dari CEBR Debu batu, kemudian seterusnya untuk masa simpan 4 sampai 10 hari densitas basah dan densitas kering CEBR *PC* lebih kecil dari CEBR Debu batu, hal ini disebabkan proses *setting* dan penguapan air campuran agregat *PC* berjalan lebih cepat daripada campuran agregat Debu batu, yang selanjutnya diikuti proses pengentalan aspal emulsi. Pada CEBR *PC*, biasanya terdapat beberapa senyawa yang bersifat asam, hal ini menyebabkan aspal emulsi yang mengental tersebut sulit bereaksi dengan butiran *PC* dan sulit mengisi rongga-rongga antar butiran, sehingga rongga yang terjadi lebih besar daripada CEBR Debu batu, akibatnya setelah hari ke 2 densitas CEBR *PC* lebih kecil daripada densitas CEBR Debu batu lihat Gambar 4.6.

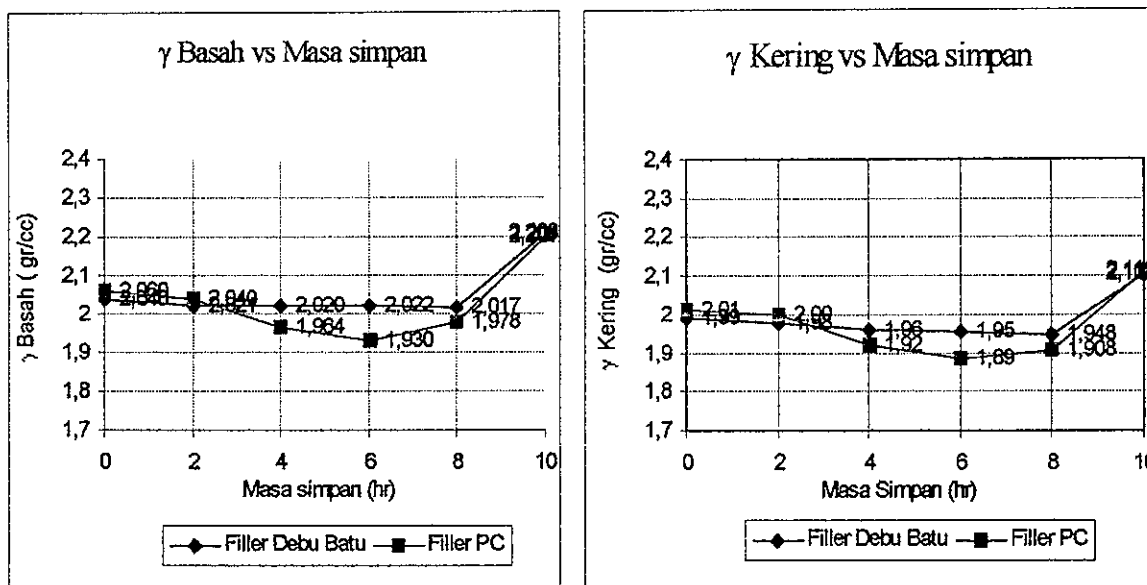
Nilai densitas vs masa simpan CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.15, Tabel 4.16 dan Gambar 4.6 untuk Debu Batu dan PC dibawah ini.

**Tabel. 4.15** Nilai Densitas vs Masa simpan

Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Densitas Basah (gr/cc)	2.040	2.021	2.02	2.022	2.017	2.208
Densitas Kering (gr/cc)	1.992	1.976	1.958	1.954	1.948	2.107

**Tabel.4.16** Nilai Densitas vs Masa simpan

Karakteristik CEBR PC	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Densitas Basah (gr/cc)	2.060	2.040	1.964	1.93	1.978	2.201
Densitas Kering (gr/cc)	2.014	1.999	1.922	1.887	1.908	2.115



**Gambar 4.6.** Grafik Densitas Basah dan Kering terhadap masa simpan

Dalam spesifikasi khusus Bina Marga dan *The Asphalt Institute MS-19*, untuk CEBR tidak ada persyaratan khusus mengenai nilai densitas. Nilai densitas dipergunakan untuk persyaratan teknis lapangan yaitu kepadatan rata-rata lapis perkerasan yang telah selesai tidak boleh kurang dari 96 % kepadatan laboratorium.

#### **b. Pengaruh Masa simpan terhadap *VMA*, Total Rongga dan Rongga Udara.**

Nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara menunjukkan banyak sedikitnya rongga yang terdapat dalam campuran, dinyatakan dalam persen rongga dari volume campuran total. Nilai ketiga rongga tersebut berpengaruh terhadap impermeabilitas (kekedapan) campuran terhadap udara dan air. Nilai yang tinggi dari ketiga rongga tersebut, berarti campuran mempunyai persen rongga yang besar terhadap campuran. Lapis perkerasan yang mempunyai banyak rongga (porous), akan mengakibatkan lapis perkerasan tersebut menjadi kurang rapat atau kurang kedap terhadap udara maupun air. Banyaknya rongga akan berpengaruh terhadap aspal residu yang ada dalam campuran, disebabkan aspal akan mudah teroksidasi oleh udara, dan air yang masuk ke dalam rongga akan melarutkan bagian aspal residu yang teroksidasi, sehingga pengurangan jumlah aspal residu terjadi lebih cepat. Dengan kata lain nilai rongga yang tinggi dapat mengurangi sifat keawetan dari lapis perkerasan tersebut akibat pengaruh udara dan air. Sebaliknya untuk nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara yang terlalu rendah, akan mudah menyebabkan terjadinya *bleeding* pada lapis perkerasan, terutama pada saat temperatur tinggi dilapangan. Adanya beban lalu lintas berulang (repetisi) yang menambah pemadatan lapisan, aspal residu akan meleleh mencari tempat yang kosong, dengan rongga yang terlalu kecil, maka aspal residu akan naik kepermukaan, akibatnya permukaan jalan menjadi licin, sehingga berbahaya, bagi pengguna lalu lintas.

Dari karakteristik CEBR tipe III dengan menggunakan *filler* Debu batu dan *Portland cement* yang dihasilkan pada penelitian ini untuk ke tiga rongga yang diteliti kriteria yang diminta sesuai spesifikasi khusus Bina Marga 1991 semua terpenuhi, dengan nilai *VMA* antara 5 – 10 %, ini semua dapat terlaksana dengan baik selain *filler PC* tersebut disetarakan dengan standar *filler* Debu batu, juga dikendalikan dari faktor kadar air penyelimutan dan kadar air pemadatan di dalam campuran, harus ada faktor air target yang dihilangkan sesuai dengan kadar aspal emulsi dan kadar *filler* masing-masing, sebelum dipadatkan (*compaction*).

Besarnya nilai rongga yang dihasilkan disebabkan oleh beberapa faktor. CEBR disusun dari komponen agregat, aspal emulsi dan tambahan air. Aspal emulsi sendiri mengandung air sebagai bahan penyusunnya, dengan proporsi sampai 39 %. Air ini berguna dalam *workability* maupun dalam membantu penyelimutan dan saat pemadatan campuran, selanjutnya setelah pemadatan dan *setting* terjadi, air yang berasal dari emulsi, kadar air penyelimutan dan kadar air pemadatan akan memisah dari aspal emulsi dan menguap secara perlahan-lahan, rongga yang semula terisi air akan menjadi kosong, sehingga rongga udara menjadi makin besar. Begitu pula bila dilihat dari hasil kadar air penyelimutan (*cold mix 1*) untuk kedua *filler* yang diteliti hanya berkisar  $\pm 90$  %, hal ini berarti ada permukaan agregat yang tidak terselimuti aspal residu, bila agregat ini saling bersentuhan kemungkinan timbulnya rongga menjadi besar.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa peningkatan kadar *filler* dalam campuran akan memberikan kecenderungan nilai ketiga rongga yang berlawanan dengan nilai densitas, dengan kata lain, bahwa kenaikan / penurunan kerapatan (densitas) berarti juga nilai rongga terjadi penurunan / kenaikan dalam campuran. Pengaruh masa simpan terhadap nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara menunjukkan bahwa semakin lama masa simpan, maka nilai ketiga rongga cenderung meningkat sampai batas optimum dan kemudian menurun untuk semua CEBR Debu batu dan CEBR *PC*. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya proses *setting*, penguapan air dan peningkatan kekentalan aspal emulsi setelah penguapan air. Pada CEBR debu batu, antara masa simpan 0 hari sampai 4 (empat) hari terjadi kenaikan nilai ketiga Rongga daripada masa simpan 6 (enam) hari sampai 10 (sepuluh) hari, hal ini terjadi akibat proses *setting* yang memisahkan aspal dengan air, kemudian ditindaklanjuti dengan penguapan air sehingga terbentuk rongga yang lebih besar, sedangkan masa simpan 6 sampai 10 hari penambahan rongga campuran banyak disebabkan sisa proses penguapan air dan peningkatan kekentalan aspal emulsi. Pada saat pemadatan, aspal yang mengental sulit mengalir untuk mengisi rongga antar butiran agregat. Sedangkan pada CEBR *PC*, kenaikan ketiga rongga terjadi pada masa simpan 4 (empat) sampai 6 (enam) hari, penambahan rongga lebih banyak disebabkan proses penguapan air terus menerus

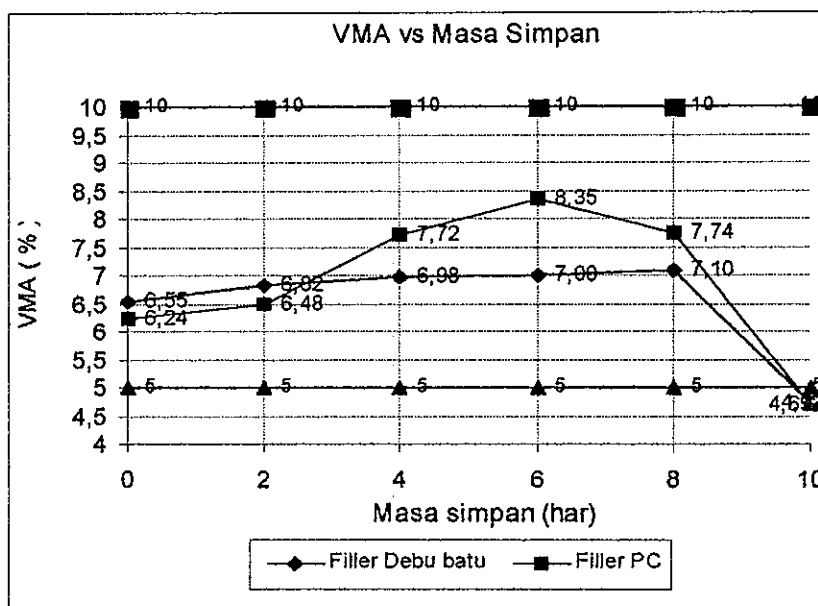
yang terjadi bersamaan dengan makin mengentalnya aspal emulsi sehingga sulit mengisi rongga kosong antar butiran agregat dengan PC. Pengaruh masa simpan terhadap nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 dan Gambar 4.7. Grafik *VMA* terhadap masa simpan Gambar 4.8 total rongga terhadap masa simpan dan Gambar 4.9 Rongga udara terhadap masa simpan, seperti dibawah ini.

**Tabel. 4.17** Nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara vs Masa simpan

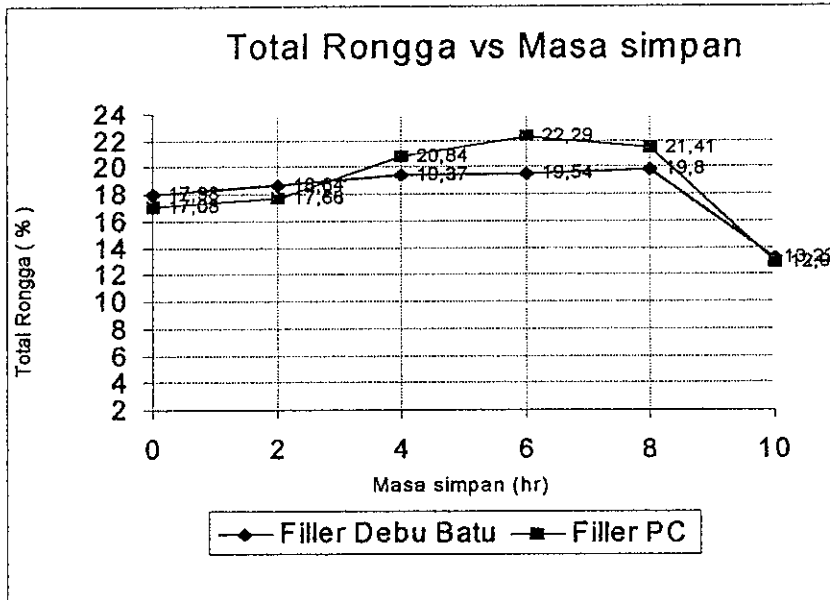
Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
<i>VMA</i> (%)	6.549	6.816	6.975	7.00	7.097	4.724
Total Rongga (%)	17.98	18.64	19.37	19.54	19.80	13.22
Rongga Udara (%)	13.20	14.11	13.10	12.66	12.86	3.15

**Tabel.4.18** Nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara vs Masa simpan

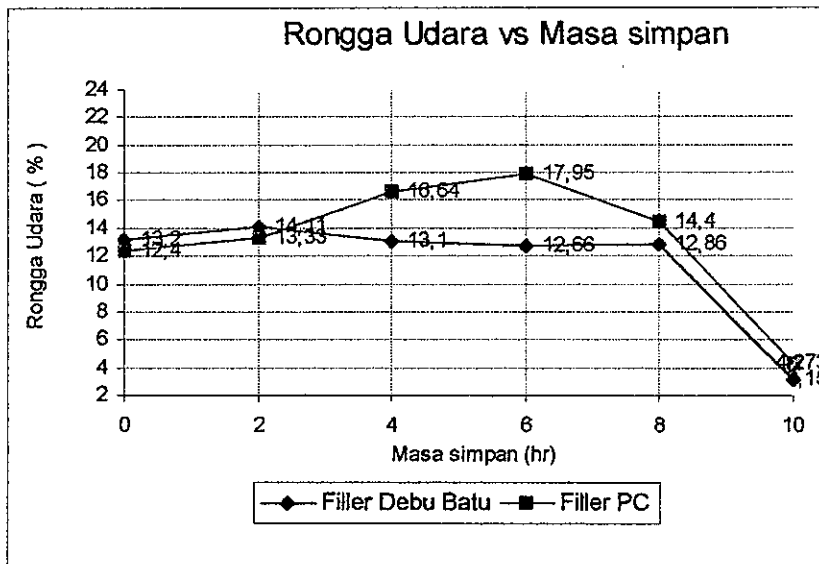
Karakteristik CEBR PC	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
<i>VMA</i> (%)	6.242	6.48	7.719	8.345	7.74	4.693
Total Rongga (%)	17.08	17.66	20.84	22.29	21.41	12.90
Rongga Udara (%)	12.40	13.33	16.64	17.95	14.40	4.273



**Gambar 4.7.** Grafik *VMA* terhadap Masa Simpan



Gambar 4.8. Grafik Total Rongga terhadap Masa Simpan



Gambar 4.9. Grafik Rongga Udara terhadap Masa Simpan

Dari tabel Tabel 4.17, Tabel 4.18, Gambar 4.7, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 di atas dapat dilihat pada awalnya pada masa simpan 0 (nol) sampai 2 (dua) hari nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR Debu batu lebih besar dari Nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR PC, hal ini disebabkan proses *setting* dan penguapan air campuran agregat PC berjalan lebih cepat daripada campuran agregat Debu batu, selanjutnya pada masa simpan 4 (empat) sampai 8 (delapan)

hari Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR Debu batu lebih kecil dari Nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR *PC*, hal ini disebabkan proses pengentalan aspal emulsi. Pada CEBR *PC*, biasanya terdapat beberapa senyawa yang bersifat asam, hal ini menyebabkan aspal emulsi yang mengental tersebut sulit bereaksi dengan butiran *PC* dan sulit mengisi rongga-rongga antar butiran, sehingga rongga yang terjadi lebih besar daripada CEBR Debu batu,

Nilai *VMA* untuk karakteristik CEBR dipersyaratkan baik dari spesifikasi Bina Marga maupun *The Asphalt Institute MS-19*, yaitu antara 5–10 %, sehingga untuk kedua *filler* tersebut diatas dapat diterima sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Nilai Total rongga dan rongga udara untuk CEBR Debu batu dan CEBR *PC* analisisnya hampir sama dengan keadaan *VMA*, dimana pada masa simpan 0 (nol) sampai 2 (dua) hari nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR Debu batu lebih besar dari Nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR *PC*, selanjutnya pada masa simpan 4 (empat) sampai 8 (delapan) hari Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR Debu batu lebih kecil dari Nilai Rongga dalam agregat (*VMA*) CEBR *PC*,

Nilai kedua rongga tersebut untuk karakteristik CEBR tidak dipersyaratkan secara khusus baik pada spesifikasi dari Bina Marga maupun pada *The Asphalt Institute MS-19*.

### **c. Pengaruh Masa simpan terhadap Kadar air dan Penyerapan air**

Kadar air dan penyerapan air (absorpsi) oleh campuran (telah dipadatkan) erat kaitannya dengan banyak sedikitnya rongga yang ada dalam campuran, tingkat penyelimutan aspal residu terhadap agregat dan porositas dari agregat penyusunnya. Dengan adanya rongga yang besar, yang berarti campuran tersebut kurang kedap terhadap air, dimungkinkan air terserap ke dalam campuran menjadi besar pula, aspal emulsi yang tidak seluruhnya menyelimuti agregat dengan sempurna dan masih menyisakan permukaan yang tidak terselimuti aspal emulsi akan memudahkan air terserap ke dalam agregat, apalagi keadaan ini ditambah dengan agregat yang mempunyai tingkat porositas yang besar.

Bila dilihat dari hasil penyelimutan aspal emulsi terhadap agregat yang hanya disyaratkan > 75 %, hal ini berarti tingkat penyelimutan aspal emulsi tidak begitu baik. Untuk itu Bina Marga maupun *The Asphalt Institute MS-19* memberikan kelonggaran untuk tingkat penyerapan air sampai dengan 4 %, meskipun demikian harus tetap diusahakan nilai penyerapan yang sekecil mungkin mengingat dampak air yang dapat merusak sistem kelekatan antara agregat dengan aspal emulsi.

Pengaruh Masa simpan terhadap Kadar air dan absorpsi oleh campuran (telah dipadatkan) akan memberikan tingkat kadar air maupun penyerapan air yang bervariasi pula. Pengaruhnya terhadap masa simpan menunjukkan bahwa dengan bertambahnya masa simpan secara keseluruhannya terhadap kadar air maupun penyerapan campuran terhadap air meningkat. Untuk campuran yang mempunyai tingkat penyelimutan yang hampir sama dengan komposisi penambahan air untuk pemadatan juga sama serta air target yang dihilangkan sebelum dipadatkan juga hampir sama maka penyerapan campuran terhadap air dipengaruhi masa simpan, sehingga secara keseluruhan dengan bertambahnya masa simpan, kadar air dan penyerapan air meningkat, tetapi masih dibawah batas yang disyaratkan.

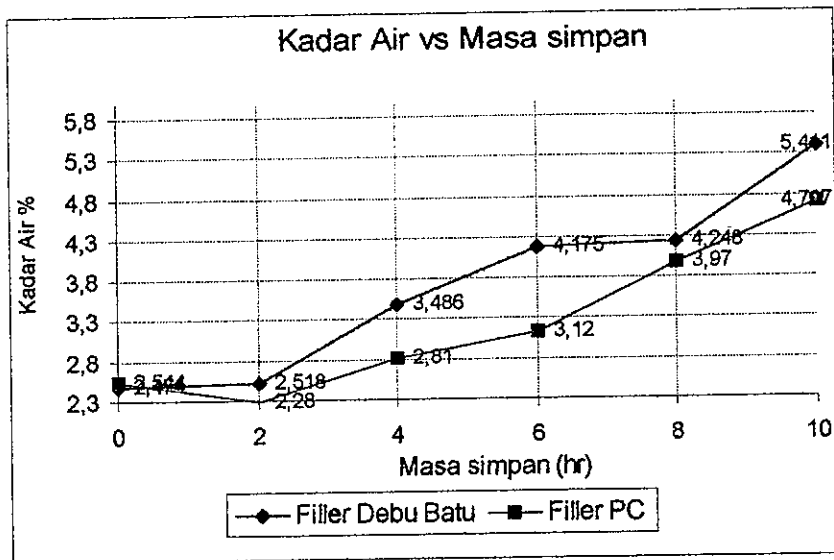
Nilai Kadar air dan absorpsi untuk karakteristik CEBR tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.19 untuk CEBR Debu batu dan Tabel 4.20 untuk CEBR *Portland Cement* serta Gambar 4.10. Grafik Nilai Kadar Air terhadap masa simpan dan Gambar 4.11 Grafik absorpsi terhadap masa simpan, seperti dibawah ini.

**Tabel. 4.19** Nilai Kadar air dan Absorpsi vs Masa simpan

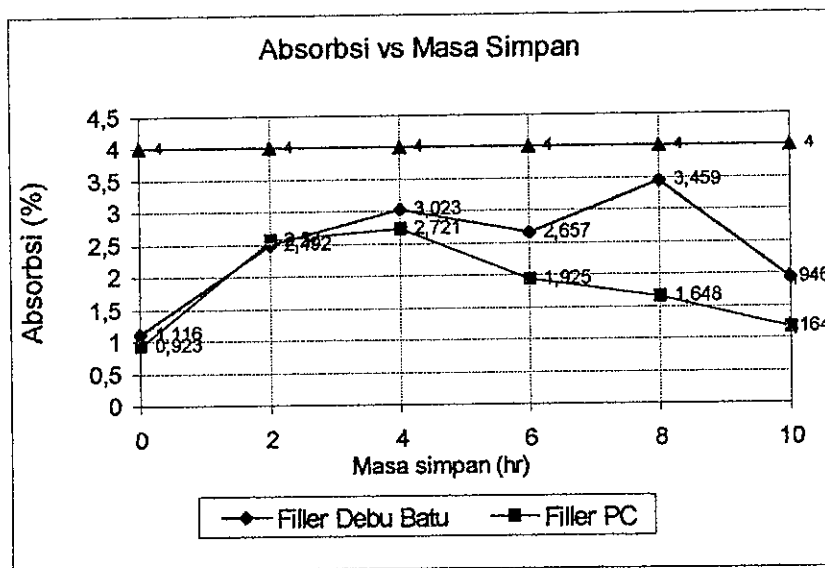
Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Kadar Air (%)	2.474	2.518	3.486	4.175	4.248	5.411
Absorpsi (%)	1.116	2.492	3.023	2.657	3.459	1.946

**Tabel.4.20** Nilai Kadar air dan Absorpsi vs Masa simpan

Karakteristik CEBR <i>PC</i>	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Kadar Air (%)	2.544	2.276	2.813	3.123	3.972	4.707
Absorpsi (%)	0.923	2.574	2.721	1.925	1.648	1.164



Gambar 4.10. Grafik Nilai Kadar Air terhadap Masa simpan



Gambar 4.11. Grafik Absorpsi terhadap Masa simpan

Dari Tabel 4.19, Tabel 4.20, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 di atas dapat dilihat nilai Kadar air untuk CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR PC. Nilai Kadar air tersebut untuk karakteristik CEBR tidak dipersyaratkan secara khusus baik pada spesifikasi dari Bina Marga maupun pada *The Asphalt Institue MS-19*.

Nilai absorpsi pada masa simpan 0 (nol) hari sampai 4 (empat) hari terus meningkat sampai batas maksimum dan kemudian untuk masa simpan 6 (enam) hari sampai 10 (sepuluh) hari menurun, nilai absorpsi untuk CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR PC. Nilai absorpsi untuk karaktrisrik CEBR dipersyaratan

baik dari spesifikasi Bina Marga maupun *The Asphalt Institute MS-19*, yaitu  $< 4\%$ , sehingga untuk kedua *filler* tersebut diatas dapat diterima sesuai dengan spesifikasi yang ada.

**d. Pengaruh Masa Simpan terhadap Kelelehan plastis (*flow*)**

Nilai Kelelehan plastis (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal bahan susun yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai Kelelehan plastis dipengaruhi oleh kadar aspal residu, gradasi bahan susunnya, dan jumlah energi pemadatan (*compaction*).

Nilai Kelelehan plastis yang rendah menunjukkan bahwa campuran cenderung bersifat *rigid*/kaku dan getas, sebaliknya nilai Kelelehan plastis yang tinggi menunjukkan bahwa campuran bersifat plastis/lentur dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu linta, ini terlihat dengan bertambahnya masa simpan terjadi kenaikan nilai *flow* untuk kedua jenis CEBR yang diteliti.

Hal ini terjadi karena kandungan mineral silika yang banyak terdapat di kedua CEBR bersama dengan aspal emulsi membentuk *mastic asphalt* dengan viskositas yang memadai, sehingga menaikkan nilai *flow* dan campuran menjadi lebih plastis.

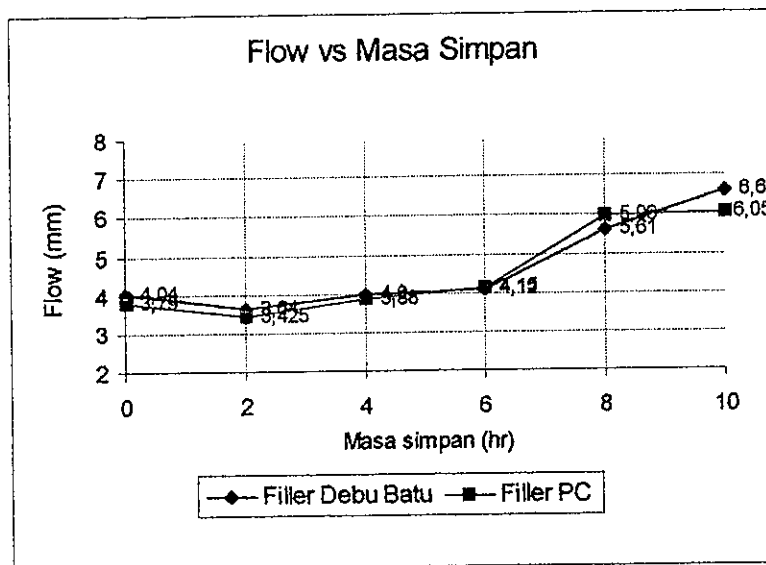
Nilai *flow* untuk karakteristik CEBR tipe III dapat dilihat pada tabel 4.21 untuk CEBR Debu batu dan tabel 4.22 untuk CEBR *Portland Cement* dan Gambar 4.12 Grafik *Flow* terhadap masa simpan.

**Tabel. 4.21** Nilai Kelelehan plastis (*flow*) vs Masa simpan

Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Flow (mm)	4.04	3.64	3.98	4.12	5.61	6.60

**Tabel.4.22** Nilai Kelelehan plastis (*flow*) vs Masa simpan

Karakteristik CEBR PC	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Flow (mm)	3.79	3.425	3.88	4.15	5.96	6.05



**Gambar 4.12.** Grafik *Flow* terhadap Masa Simpan

Dari tabel 4.21, Tabel 4.22 dan Gambar 4.12 di atas dapat dilihat nilai Kelelehan plastis untuk CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR *PC*. Nilai *flow* tersebut untuk karakteristik CEBR tidak dipersyaratkan secara khusus baik pada spesifikasi dari Bina Marga maupun pada *The Asphalt Institute MS-19*, akan tetapi sebaiknya digunakan rujukan persyaratan nilai *flow* dari Bina Marga 1992 sebagai modifikasi, yaitu antara 2 mm – 4 mm. Nilai *flow* kurang dari 2 mm akan mengakibatkan campuran menjadi kaku (*rigid*), sehingga lapis perkerasan mudah mengalami retak, sedangkan untuk campuran dengan nilai *flow* lebih dari 4 mm akan menghasilkan lapis perkerasan yang lembek dan terlalu plastis, sehingga mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas seperti gelombang dan alur.

Secara keseluruhan pengaruh masa simpan kedua CEBR tipe III tersebut di atas yang dapat diterima dengan baik hanya masa simpan 0 (nol) hari sampai 6 (enam) hari yang sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.

#### e. Pengaruh Masa Simpan terhadap stabilitas

Stabilitas adalah suatu kemampuan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan

bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*), alur (*rutting*), dan *bleeding*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak, sebaliknya nilai stabilitas yang terlalu rendah menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami distorsi, ini berarti nilai stabilitas berpengaruh terhadap fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan, dimana nilai stabilitas naik akan menurunkan nilai fleksibilitasnya dan sebaliknya.

Stabilitas terjadi dari hasil gaya gesek antar butiran, saling mengunci (*interlocking*) antar agregat dan daya ikat (kohesi) yang baik dari aspal emulsi. Dengan demikian stabilitas yang baik dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat dengan permukaan yang kasar, berbentuk kubis, aspal residu dengan penetrasi rendah, dan aspal emulsi dalam jumlah yang memadai untuk ikatan antar butir agregat (*interlocking*).

#### 1) Pengaruh Masa Simpan terhadap stabilitas kering.

Apabila aspal emulsi yang berada dalam campuran relatif sedikit, hal ini berakibat aspal yang menyelimuti agregat menjadi cukup tipis, sehingga aspal emulsi tidak menjadi bidang licin bagi agregatnya. Dengan kata lain antar agregat satu sama lain mampu saling mengunci, sehingga stabilitas yang dihasilkan akan meningkat. Ini semua pada keadaan yang optimum, hasil *cold mix III* didapat kadar aspal emulsi 9%, dimana setelah melewati batas optimum stabilitas campuran justru akan menurunkan stabilitas itu sendiri, terlihat bahwa dengan bertambahnya masa simpan terjadi penurunan nilai stabilitas kering untuk kedua jenis CEBR yang diteliti.

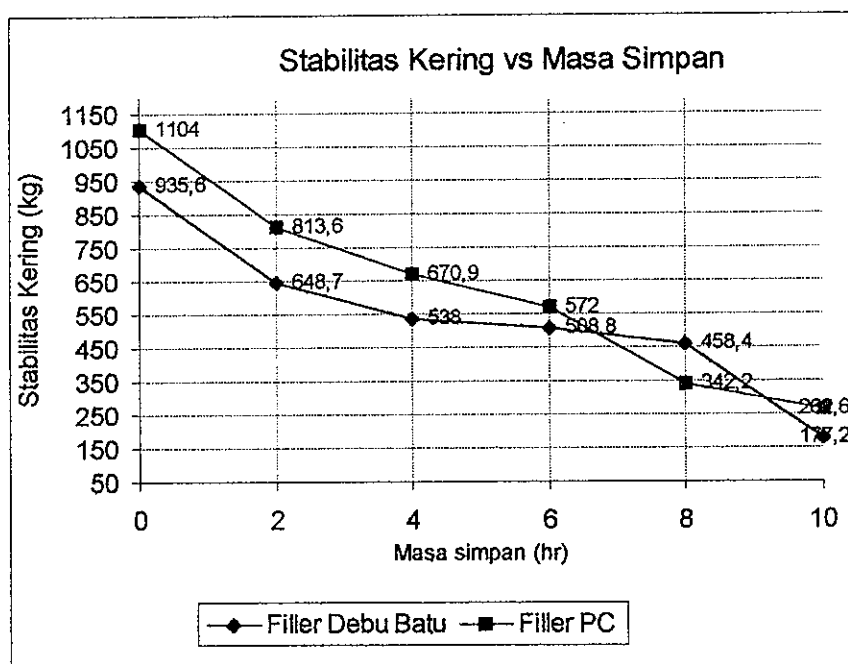
Nilai Stabilitas kering untuk karakteristik CEBR tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.23 untuk CEBR Debu batu dan Tabel 4.24 untuk CEBR *Portland Cement* dan Gambar 4.13 Grafik Stabilitas kering terhaap Masa simpan

**Tabel. 4.23** Nilai Stabilitas kering vs Masa simpan

Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Kering (kg)	935.6	648.7	538	508.8	458.4	177.2

**Tabel.4.24 Nilai Stabilitas kering vs Masa simpan**

Karakteristik CEBR PC	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Kering (kg)	1104	813.6	670.9	572	342.2	262.6



**Gambar 4.13. Grafik Stabilitas kering terhadap Masa simpan**

Dari Tabel 4.23, Tabel 4.24 dan Gambar 4.13 di atas terlihat nilai stabilitas kering CEBR Debu batu lebih kecil dari stabilitas kering CEBR PC, sedangkan nilai Stabilitas kering untuk karakteristik CEBR tipe III tidak dipersyaratkan secara khusus baik pada spesifikasi khusus dari Bina Marga 1991 maupun pada *The Asphalt Institute MS-19*, akan tetapi sebaiknya digunakan rujukan persyaratan nilai dari spesifikasi Bina Marga 1991 dengan nilai lebih besar dari 300 kg.

## 2) Pengaruh Masa Simpan terhadap stabilitas rendaman.

Stabilitas rendaman dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan lapis perkerasan menahan beban lalu lintas dengan asumsi adanya gangguan air yang terus menerus (kontinyu) selama 2 x 24 jam. Hal ini bisa diterangkan dengan pendekatan empiris lewat prinsip muatan kutub, dimana agregat mempunyai muatan kutub, begitu juga dengan air dan aspal emulsi. Akan tetapi muatan kutub

air lebih kuat bila dibandingkan dengan muatan kutub aspal emulsi, akibatnya aspal emulsi yang telah melekat pada agregat masih dimungkinkan tergesur oleh air, apalagi bila umur lekatannya masih baru. Dengan terlepasnya sebagian aspal emulsi dari permukaan agregatnya dan diselimutinya agregat oleh air, kekompakan dari kelompok agregat menjadi berkurang. Bila pada kondisi ini beban bekerja sementara ikatan atau saling kunci antara gregat berkurang, posisi agregat dalam kelompoknya menjadi goyah.

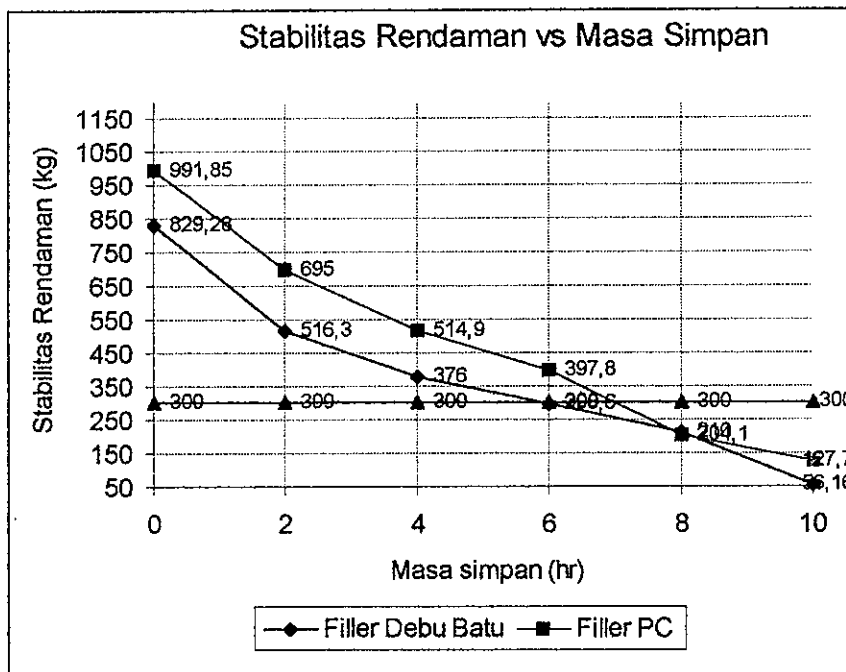
Fenomena ini tidak terlepas dari berapa besar prosentase ketiga rongga ( VMA, total rongga dan rongga udara ) dalam campuran padat, demikian pula terhadap seberapa besar nilai kerapatan (densitas) yang telah diuraikan di atas, bahwa makin lama masa simpan CEBR menunjukkan nilai ketiga rongga, nilai absorpsi dan *flow* makin besar, berarti makin banyak rongga dalam campuran padat sehingga kerapatan antar butiran agregat makin lemah, pada saat menerima beban lalu lintas terjadi flow yang makin besar, akibatnya CEBR makin tidak mampu menahan beban atau stabilitas campuran makin rendah. Nilai Stabilitas rendaman untuk karakteristik CEBR tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.25 untuk CEBR Debu batu dan Tabel 4.26 untuk CEBR *Portland Cement* dan Gambar 4.14. Grafik Stabilitas rendaman terhadap Masa simpan.

**Tabel. 4.25** Nilai Stabilitas rendaman vs Masa simpan

Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Rendaman (kg)	829.28	516.3	376	298.6	210	56.16

**Tabel.4.26** Nilai Stabilitas rendaman vs Masa simpan

Karakteristik CEBR PC	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Rendaman (kg)	991.85	695	514.9	397.8	204.1	127.7



**Gambar 4.14.** Grafik Stabilitas Rendaman terhadap Masa simpan

Dari Tabel 4.25, Tabel 4.26 dan Gambar 4.14 di atas dapat dilihat bahwa dalam tinjauan masa simpan yang sama ternyata nilai stabilitas rendaman CEBR Debu batu lebih kecil dari stabilitas rendaman CEBR *PC*. Hal ini disebabkan nilai ketiga rongga CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR *PC* dalam tinjauan masa simpan yang sama, akibatnya begitu menerima beban lalu lintas, CEBR *PC* lebih kuat menahan beban atau stabilitas CEBR *PC* lebih besar dari daripada stabilitas CEBR Debu batu.

Nilai Stabilitas rendaman untuk karakteristik CEBR tipe III dipersyaratkan secara khusus pada spesifikasi dari Bina Marga 1991, persyaratan nilai spesifikasi khusus Bina Marga 1991 dengan nilai lebih besar dari 300 kg. Dari tabel di atas terlihat memenuhi persyaratan hanya pada masa simpan 0 (nol) sampai 6 (enam) hari, hal ini menunjukkan bahwa hanya sampai masa simpan hari ke enam campuran cukup mampu untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap.

### 3) Pengaruh Masa Simpan terhadap stabilitas sisa.

Stabilitas sisa (*retained stability,RS*) adalah perbandingan antara nilai stabilitas rendaman terhadap nilai stabilitas kering, makin tinggi nilai RS berarti gangguan air terhadap stabilitas campuran semakin tidak berarti atau campuran menjadi semakin stabil. Nilai RS yang tinggi didapat pada campuran yang rapat dan padat sehingga kedap air. Oleh karena itu RS mempunyai hubungan yang erat dengan nilai total rongga, densitas, nilai koefisien permeabilitas, tingkat penyelimutan dan porositas agregat.

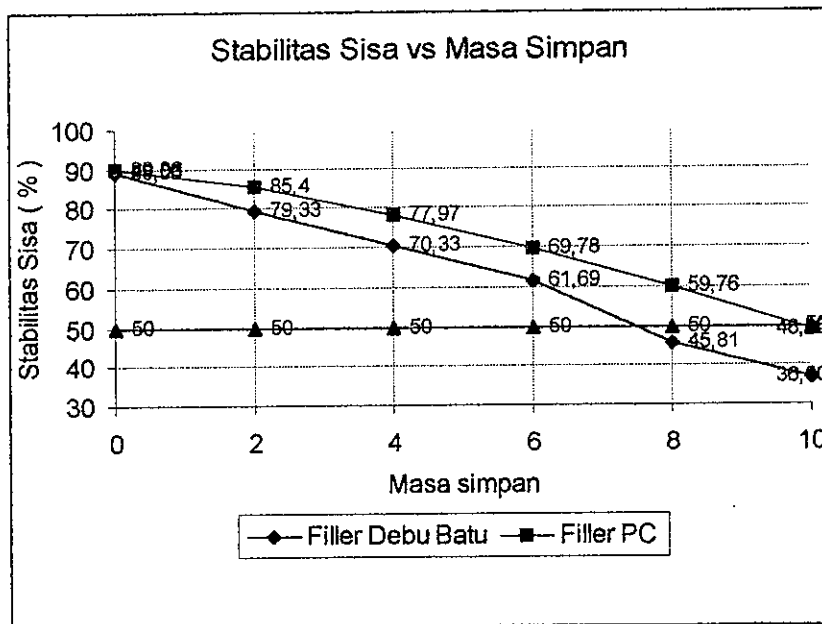
Untuk campuran dengan kadar aspal emulsi yang sedikit, stabilitas kering yang dihasilkan baik karena adanya sifat saling kunci antar agregatnya, tetapi stabilitas rendaman berkurang karena aspal emulsi tergusur oleh air, sehingga pengurangan stabilitas karena gangguan air semakin bertambah, berarti nilai RS kecil. Pengaruh masa simpan terhadap Stabilitas sisa dapat dilihat pada Gambar 4.15. Grafik stabilitas sisa vs Masa simpan, sedangkan nilai Stabilitas sisa untuk karakteristik CEBR tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.27 untuk CEBR Debu batu dan Tabel 4.28 untuk CEBR *Portland Cement*

**Tabel. 4.27** Nilai Stabilitas sisa vs Masa simpan

Karakteristik CEBR Debu batu	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Sisa ( % )	89.06	79.51	70.33	61.69	45.81	36.9

**Tabel.4.28** Nilai Stabilitas sisa vs Masa simpan

Karakteristik CEBR <i>PC</i>	Masa simpan ( hari )					
	0	2	4	6	8	10
Stabilitas Sisa ( % )	89.96	85.4	77.97	69.78	59.76	48.85



**Gambar 4.15.** Grafik Stabilitas Sisa terhadap Masa simpan

Dari Tabel 4.27, Tabel 4.28 dan Gambar 4.15 di atas dapat dilihat bahwa dalam tinjauan masa simpan yang sama ternyata nilai stabilitas sisa CEBR Debu batu lebih kecil dari stabilitas sisa CEBR *PC*. Hal ini disebabkan nilai ketiga rongga CEBR Debu batu lebih kecil dari CEBR *PC* dalam tinjauan masa simpan yang sama,

Nilai Stabilitas sisa untuk karakteristik CEBR tipe III dipersyaratkan secara khusus pada spesifikasi dari Bina Marga 1991, persyaratan nilai spesifikasi khusus Bina Marga 1991 dengan nilai lebih besar dari 50 %. Dari tabel di atas terlihat nilai stabilitas sisa CEBR Debu batu yang memenuhi persyaratan sampai pada masa simpan hari ke enam, sedangkan nilai stabilitas sisa CEBR *PC* yang memenuhi persyaratan sampai pada masa simpan hari ke delapan hal ini menunjukkan bahwa campuran cukup mampu untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap sampai hari ke enam.

**f. Evaluasi Hasil Laboratorium terhadap spesifikasi**

Dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan hasil yang memenuhi persyaratan karakteristik CEBR tipe III yaitu : Kadar air, densitas basah, densitas kering, rongga dalam agregat (*VMA*), total rongga, rongga udara, absorpsi, flow, stabilitas kering, stabilitas rendaman, dan stabilitas sisa, menurut spesifikasi khusus Bina Marga 1991 dan *The Asphalt Institute MS-19, 1979* sebagai berikut :

**Tabel 4.29.** Perbandingan hasil *test Marshall* dengan spesifikasi Bina Marga 1991

Karakteristik CEBR	Syarat	Evaluasi											
		CEBR Debu Batu (hari)					CEBR <i>Portland Cement</i> (hari)						
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
Kadar Air (%)													
Densitas Basah (gr/cc)													
Densitas Kering (gr/cc)													
<i>VMA</i> (%)	5 - 10 %												
Total Rongga (%)													
Rongga Udara (%)													
Absorpsi (%)	≤ 4 %												
Stabilitas Kering (kg)													
Stabilitas Rendaman (kg)	≥ 300kg												
Stabilitas Sisa (%)	> 50 %												
Flow (mm)													

Dari perbandingan hasil *Modified Marshall test* untuk CEBR Debu Batu dan CEBR *PC* pada kadar aspal optimum 9 % terhadap masa simpan yang dikaitkan dengan hipotesis, didapat bahwa CEBR Debu Batu dan CEBR *PC* dapat disimpan sampai umur 6 (enam) hari sebelum dihamparkan dan dipadatkan dilapangan tanpa mengurangi spesifikasi teknis Bina Marga (1991) dan *The Asphalt Institute MS-19, 1979*. Hal ini ditunjukkan pada nilai rongga dalam agregat (*VMA*) pada 0 hari  $VMA_{\text{debu batu}}$  6.549% sampai *VMA* pada 8 hari  $VMA_{\text{debu batu}}$  7.097% sedangkan pada 0 hari  $VMA_{\text{PC}}$  6.242% sampai *VMA* pada 8 hari  $VMA_{\text{PC}}$  7.74%. syarat spesifikasi untuk *VMA* CEBR tipe III adalah 5 % - 10 %.

Pada nilai penyerapan air (absorpsi) pada 0 hari Absorpsi<sub>debu batu</sub> 1.946% sampai Absorpsi pada 10 hari Absorpsi<sub>debu batu</sub> 1.946% sedangkan pada 0 hari Absorpsi<sub>PC</sub> 0.923% sampai Absorpsi pada 10 hari  $VMA_{PC}$  1.164%, syarat spesifikasi untuk Absorpsi *CEBR* tipe III adalah  $< 4\%$ .

Pada nilai Stabilitas rendaman pada 0 hari Stabilitas rendaman<sub>debu batu</sub> 829.28 kg sampai Stabilitas rendaman pada 6 hari Stabilitas rendaman<sub>debu batu</sub> 298.6 kg sedangkan pada 0 hari Stabilitas rendaman<sub>PC</sub> 991.85 kg sampai Satabilitas rendaman pada 6 hari Stabilitas rendaman<sub>PC</sub> 397.8 kg, syarat spesifikasi untuk Satabilitas rendaman *CEBR* tipe III adalah  $\geq 300$  kg.

Pada nilai Stabilitas sisa pada 0 hari Stabilitas sisa<sub>debu batu</sub> 89.06% sampai Stabilitas rendaman pada 6 hari Stabilitas Sisa<sub>debu batu</sub> 61.69% sedangkan pada 0 hari Stabilitas sisa<sub>PC</sub> 89.96 sampai Satabilitas rendaman pada 6 hari Stabilitas sisa<sub>PC</sub> 69.78%, syarat spesifikasi untuk Stabilitas sisa *CEBR* tipe III adalah  $> 50\%$

Pada tinjauan masa simpan yang sama, Karakteristik *CEBR* tipe III dengan menggunakan *filler PC* jauh lebih baik daripada *CEBR* tipe III dengan menggunakan *filler* Debu Batu, hal ini dipengaruhi perbedaan proses *setting*, penguapan air dan peningkatan kekentalan aspal emulsi setelah penguapan air antara *CEBR* dengan menggunakan *filler* debu batu dan *filler PC*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan seperti yang telah disampaikan di muka, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa, pengaruh masa simpan terhadap karakteristik CEBR tipe III serta dikaitkan dengan hipotesis, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Nilai densitas atau kerapatan Jika dibandingkan antara kedua jenis CEBR tersebut, dalam tinjauan masa simpan yang sama pada awalnya untuk masa simpan 0 (nol) sampai 2 (dua) hari densitas basah dan densitas kering CEBR *PC* lebih besar dari CEBR Debu batu, kemudian seterusnya untuk masa simpan 4 (empat) sampai 10 (sepuluh) hari densitas basah dan densitas kering CEBR *PC* lebih kecil dari CEBR Debu batu, hal ini disebabkan proses *setting* dan penguapan air campuran agregat *PC* berjalan lebih cepat daripada campuran agregat Debu batu, yang selanjutnya diikuti proses pengentalan aspal emulsi. Pada CEBR *PC*, biasanya terdapat beberapa senyawa yang bersifat asam, hal ini menyebabkan aspal emulsi yang mengental tersebut sulit bereaksi dengan butiran *PC* dan sulit mengisi rongga-rongga antar butiran, sehingga rongga yang terjadi lebih besar daripada CEBR Debu batu, akibatnya setelah hari ke dua densitas CEBR *PC* lebih kecil daripada densitas CEBR Debu batu.
- b. Nilai *VMA*, Total rongga dan Rongga udara menunjukkan banyak sedikitnya rongga yang terdapat dalam campuran, dinyatakan dalam persen rongga dari volume campuran total. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa pada awalnya pada masa simpan 0 (nol) sampai 2 (dua) hari nilai ketiga Rongga CEBR Debu batu lebih besar dari Nilai ketiga Rongga CEBR *PC*, hal ini disebabkan proses *setting* dan penguapan air campuran agregat *PC* berjalan lebih cepat daripada campuran agregat Debu batu, selanjutnya pada masa simpan 4 (empat) sampai 8 (delapan) hari ketiga Rongga CEBR Debu batu

lebih kecil dari Nilai ketiga Rongga CEBR *PC*, hal ini disebabkan proses pengentalan aspal emulsi. Pada CEBR *PC*, biasanya terdapat beberapa senyawa yang bersifat asam, hal ini menyebabkan aspal emulsi yang mengental tersebut sulit bereaksi dengan butiran *PC* dan sulit mengisi rongga-rongga antar butiran, sehingga rongga yang terjadi lebih besar daripada CEBR Debu batu.

- c. Kadar air pengujian dan penyerapan air (absorpsi) erat kaitannya dengan banyak sedikitnya rongga yang ada dalam campuran, tingkat penyelimutan aspal emulsi terhadap agregat dan porositas dari agregat penyusunnya. Dengan adanya rongga yang besar, yang berarti campuran tersebut kurang kedap terhadap air, dimungkinkan air terserap ke dalam campuran menjadi besar pula, aspal emulsi yang tidak seluruhnya menyelimuti agregat dengan sempurna dan masih menyisakan permukaan yang tidak terselimuti aspal residu akan memudahkan air terserap ke dalam agregat, apalagi keadaan ini ditambah dengan agregat yang mempunyai tingkat porositas yang besar. Dari nilai kadar air dan penyerapan air (absorpsi) di atas terlihat bahwa dengan bertambahnya masa simpan secara keseluruhannya terhadap kadar air maupun penyerapan campuran terhadap air meningkat. Untuk campuran yang mempunyai tingkat penyelimutan yang hampir sama dengan komposisi penambahan air untuk pemadatan juga sama serta air target yang dihilangkan sebelum dipadatkan juga hampir sama maka penyerapan campuran terhadap air dipengaruhi masa simpan, sehingga secara keseluruhan dengan bertambahnya masa simpan, kadar air dan penyerapan air meningkat, tetapi masih dibawah batas yang disyaratkan.
- d. Nilai Kelelehan plastis (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal bahan susun yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai Kelelehan plastis dipengaruhi oleh kadar aspal emulsi, gradasi bahan susunnya, dan jumlah pemadatan

(*compaction*). Nilai Kelelahan plastis yang rendah menunjukkan bahwa campuran cenderung bersifat *rigid*/kaku dan getas, sebaliknya nilai Kelelahan plastis yang tinggi menunjukkan bahwa campuran bersifat plastis/lentur dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Dari hasil penelitian terlihat bahwa dengan bertambahnya masa simpan terjadi kenaikan nilai *flow* untuk kedua jenis CEBR yang diteliti. nilai Kelelahan plastis untuk CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR *PC*.

- e. Stabilitas kering akan meningkat karena campuran semakin rapat dan penyelimutan aspal emulsi terhadap agregat semakin tipis, sehingga antar partikel mampu saling mengunci. Peningkatan masa simpan dalam campuran akan mengakibatkan stabilitas kering menurun, karena penyelimutan aspal emulsi terhadap agregat semakin tebal sehingga akan melicinkan gesekan antar agregat. Dari hasil penelitian didapatkan nilai stabilitas kering CEBR *PC* lebih besar dari CEBR Debu Batu dengan batas masa simpan yang memenuhi syarat pada umur 8 (delapan) hari..
- f. Stabilitas rendaman dalam tinjauan masa simpan yang sama ternyata nilai stabilitas rendaman CEBR Debu batu lebih kecil dari stabilitas rendaman CEBR *PC*. Hal ini disebabkan nilai ketiga rongga CEBR Debu batu lebih besar dari CEBR *PC* dalam tinjauan masa simpan yang sama, akibatnya begitu menerima beban lalu lintas, CEBR *PC* lebih kuat menahan beban atau stabilitas CEBR *PC* lebih besar dari daripada stabilitas CEBR Debu batu.
- g. Stabilitas sisa (*retained stability,RS*) adalah perbandingan antara nilai stabilitas rendaman terhadap nilai stabilitas kering, makin tinggi nilai *RS* berarti gangguan air terhadap stabilitas campuran semakin tidak berarti atau campuran menjadi semakin stabil. Dari hasil penelitian didapatkan hasil dalam tinjauan masa simpan yang sama ternyata nilai stabilitas sisa CEBR Debu batu lebih kecil dari stabilitas sisa CEBR *PC*. Hal ini disebabkan nilai ketiga rongga CEBR Debu batu lebih kecil dari CEBR *PC* dalam tinjauan masa simpan yang sama,

## 5.2 Saran

Pengaruh karakteristik CEBR tipe III untuk kadar *filler* Debu Batu 4,6 % sebagai standar dan *filler portland cement* 3,8 % (setara) terhadap masa simpan dari 0 (nol) hari sampai 10 (sepuluh) hari cukup memuaskan, dikarenakan dari perbandingan hasil *Modified Marshall test* untuk CEBR Debu Batu dan CEBR *PC* terhadap masa simpan, didapat bahwa CEBR Debu Batu dan CEBR *PC* dapat disimpan sampai umur enam (enam) hari sebelum dihamparkan dan dipadatkan dilapangan tanpa mengurangi spesifikasi teknis Bina Marga (1991) dan *The Asphalt Institute MS-19, 1979*.

Pada daerah-daerah khusus seperti pada wilayah Pantura dimana lapis perkerasan konstruksi jalannya selalu terendam air laut, akibat pasang naik dari laut selalu membuat dilema bagi lapis perkerasan baik itu konstruksi perkerasan dengan menggunakan bahan ikat aspal emulsi maupun aspal semen. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan *filler* semen tahan sulfat tipe V atau *sulphate resisting portland cement (SRPC)* yang memiliki kecepatan mengeras yang serupa dengan semen tipe I *OPC (Ordinary portland cement)* yang dibuat khusus untuk dapat menahan sulfat sebagai unsur terbesar air laut, untuk itu perendaman selama 2 x 24 jam digunakan air laut pada *Modified Marshall test*.

Perlunya diteliti lebih lanjut tentang kerentanan terhadap pengelupasan, mengingat tingkat penyelimutan untuk ke dua *filler* tersebut tidak begitu memuaskan, dan juga efek merugikan yang lain, seperti penurunan nilai struktural dari CEBR akibat masa simpan campuran, mengingat salah satu kelebihan CEBR adalah lamanya masa simpan yang dapat digunakan diatur lebih lama dengan menambahkan unsur *HCl* sebagai bahan penstabil untuk aspal emulsi, untuk kepentingan waktu pelaksanaan dilapangan.

Selanjutnya pada tingkat kelembagaan penelitian ini dimaksudkan sebagai masukan alternatif bagi pengembangan konstruksi lapis lentur jalan bagi jalan-jalan Propinsi dan Kabupaten mengingat adanya perkembangan peraturan-peraturan baru di Departemen KIMPRASWIL pada umumnya dan khususnya Direktorat Jenderal Bina Marga.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1982, *Standard Specifications for Transportation Material and Methods of Sampling and Testing, Part 1, Specifications, 13 th Edition, page 10 – 80, Washington DC.*
- A., Muntoro, dan A., Himawanto, 1994, *Tinjauan Pengaruh Masa Simpan CEBR pada Perkerasan Lentur*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FT-UGM, Yogyakarta.
- Cabrera J.G. dan Zoorob, SE., 1999 *Performance and Durability of Bituminous Materials and Hydraulic Stabilised Composites, Proceeding of the Third European Symposium, Leeds, UK*
- Departemen Pekerjaan Umum ,1996, Hasil-hasil Penelitian dilingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum ,1991, *Penggunaan aspal Emulsi untuk Konstruksi Jalan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Puslitbang Jalan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Spesifikasi Khusus* (Suplemen buku 3), untuk Campuran Aspal Emulsi, Ditjen. Bina Marga, Jakarta.
- Dukatz, E.L., Anderson, D.A., 1978, *The effect of various filler on the mechanical behaviour of asphalt and asphaltic concrete, Proceeding AAPT, volume 40*
- Iriansyah A.S. dan Hermadi, M., 1997, *Penelitian Karakteristik dan Kinerja Campuran Aspal Emulsi*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung.
- Kerb, D.R., dan Walker, D.R., 1971, *Highway Material, MC. Graw-Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute, USA.*
- Mertens E.W. dan Borgfeldt M.J., 1985, *Cationic Asphalt Emulsion*, California Research Corporation, California.
- Mulyono, A.T., 1998, *Pengaruh Variasi Masa Simpan Terhadap Permeabilitas Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat*, Forum Teknik Jurnal Teknologi FT-UGM, Jilid 23 No.2, halaman 155-166.

- Priyatno, B., 2000, *Pengaruh Gypsum Sintetis (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) dan Portland Cement Sebagai Bahan Filler Terhadap Campuran Campuran Emlulsi Bergradasi Rapat (DGEM)*, Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Scan Road, 1991, *Bitumen Emulsion, Technical Bulletin-2*, stockholm.
- Sferb (*Syndicat des Fabricants D'emulsions Routieres de Bitume*), 1991, *Bitumen Emulsions- General Informations Applications, France*.
- Shell Bitumen, 1991, *The Shell Bitumen Handbook, UK, Eas Molesey Surrey*.
- Sukarno, A.W., 1992, *Penggunaan Aspal Emulsi untuk Konstruksi Jalan*, Jakarta.
- Suparna, L.B., 1997, *Measurement of Water and Gas Permeability of Bituminous Mixes*, Tesis, Institute for Transport Studies The University of Leeds, England.
- The Asphalt Institute, 1979, *A Basic Asphalt Emulsion Manual, Manual Series (MS) No.19, Second Edition*, Maryland, USA.
- Totomihardjo, S., 1995, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit, KMTS JTS. FT UGM, Yogyakarta
- Tunicliff, 1962, *A Review of Mineral Filler*, Proceeding AAPT, Volume 36.