620.112
MUT
p c

PENGARUH PENGGUNAAN FILLER FLY ASH TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI RAPAT (CEBR)

TESIS

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh
Yazid Mutohar

PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

2002

PENGARUH PENGGUNAAN FILLER FLY ASH TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI RAPAT (CEBR)

TESIS

Disusun oleh :

Yazid Mutohar
L4A.000.039

Disetujui Untuk Dipresentasikan

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Roeswan Soediro, MS.	**Ir. Das'at Widodo, MS**

PENGARUH PENGGUNAAN FILLER FLY ASH TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL EMULSI BERGRADASI RAPAT (CEBR)

Disusun Oleh :

Yazid Mutohar
L4A 000 039

Dipertahankan di Depan Tim Penguji tanggal :

13 Juli 2002

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

Semarang , 13 Juli 2002

Tim Penguji :

Ketua :

Ir. Roeswan Soediro, MS. .....

Sekretaris :

Ir. Das'at Widodo, MS. .....

Anggota :

1. **Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA.** .....
2. **Drs. Bagus Priyatna, ST. MT.** .....
3. **Dr. Ir. Sri Prabandiyani, MSc.** .....

Universitas Diponegoro
Program Pasca Sarjana
Magister Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ir. Suripin, M.Eng

ABSTRACT

Dense Graded Emulsion Mix (DGEM) as the flexible pavement has structural characteristics, impermeable and high workability due to no requirement of heating to mix. While stone dust as the standard filler has widely been used, but the production of stone dust is limited, the filler is significant to fill the void among aggregate, which affects the density of DGEM. The study, hereby, aims at addressing the possibility of the fly ash to be utilized as the substituted alternative material of the standard filler of DGEM type III.

To identify the characteristic of DGEM, the modified Marshall test was done. The establishment of specimens is based upon the specification of Both the Bina Marga (1991) and the Asphalt Institute MS-19 (1979). Whereas, the techniques of laboratory test and analysis refer to that of the Asphalt Institute MS-14 (1990). Having the optimum of filler and residue reached, the permeability and deformation test may be conducted.

The results, in the post time of 14 days incubation, showed that the optimum of fly ash filler reached the value of 4.6 % with the asphalt residue 5.625 %. In this condition was obtained the total void values of 16.909 %, the absorption 0.9234 %, the density of 2.0906 gram/cc, the soaked stability of 907.38 kg, the dry stability of 1034,3 kg and remained stability of 87.7275 %, coefficient permeability of 0.000413 cm/s, and the permanent deformation of 1.28 mm.

Whereas, the optimum of fly ash filler was reached at the value of 4.6 % with the residue coefficient of 5.625 % in the characteristics as here: the void value of 16.665 %, the absorption value of 1.0536 %, the density of 2.1139 gr/cc, the soaked stability of 850.9 kg, the dry stability of 872.35 kg, the remained stability of 97.541 %, the coefficient of permeability of 0.000236 cm/s, and the permanent deformation of 0.595 mm.

Actually, the fly ash can be used as stone dust substitution, even it is better if it was applied as the filler in Dense Graded Emulsion Mix (DGEM) Type III, that can be used as flexible pavement.

ABSTRAKSI

Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) sebagai lapis perkerasan lentur, memiliki sifat struktural, kedap air dan memiliki kemudahan untuk dilaksanakan karena tidak memerlukan pemanasan dalam pencampurannya. *Filler* mempunyai peran penting untuk mengisi rongga diantara agregat, yang berpengaruh terhadap peningkatan kerapatan dari CEBR. Sementara itu abu batu sebagai *filler* standar yang sering digunakan sangat langka diproduksi oleh *stone crusher.* Pada penelitian ini akan membahas kemungkinan *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti *filler* standar (abu batu) pada CEBR tipe III.

Untuk mengetahui karakteristik CEBR dilakukan pengujian *Modified Marshall Test*. Pembuatan benda uji didasarkan pada spesifikasi khusus Bina Marga (1991) dan *The Asphalt Institute MS 19 (1979)*. Sedangkan cara pengujian laboratorium dan analisis mengacu pada *The Asphalt Institute MS 14 (1990).* Setelah didapatkan nilai optimum *filler* dan residu, dilanjutkan dengan uji permeabilitas dan deformasi.

Hasil penelitian setelah dilakukan pemeraman selama 14 hari, didapat nilai optimum untuk *filler* abu batu sebesar 4.6% pada kadar residu 5.625%. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai total rongga 16.909%, nilai absorpsi 0.9234%, kerapatan *(density)* 2.0906 gr/cc, stabilitas rendaman 907.38 kg, stabilitas kering 1034.3 kg dan stabilitas sisa sebesar 87.7275%, koefisien permeabilitas 0.000413 cm/dt, deformasi permanen 1.28 mm. Sedangkan untuk *filler fly ash* nilai optimum dicapai pada kadar 4.6% pada kadar residu 5.625%, dengan karakteristik sebagai berikut: nilai total rongga 16.665%, nilai absorpsi 1.0536%, kerapatan *(density)* 2.1139 gr/cc, stabilitas rendaman 850.9 kg, stabilitas kering 872.35 kg, stabilitas sisa sebesar 97.541%, koefisien permeabilitas 0.000236cm/dt, deformasi permanen 0.595 mm.

Sehingga *fly ash* dapat digunakan untuk menggantikan abu batu, bahkan lebih baik jika dipakai sebagai *filler* pada Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tipe III dan dapat digunakan pada lapisan perkerasan lentur yang bernilai struktural.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah swt. karena atas ridhlo dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dalam rangka memenuhi persyaratan studi pada Magister Teknik Sipil, Universitas Diponorogo Semarang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Eko Budiharjo, MSc, selaku Rektor Universitas Diponegaro .
2. Bapak Dr. Ir. Suripin, M Eng, selaku ketua program Magister Teknik Sipil Universitas Dionegoro Semarang.
3. Bapak Dr.Ir. Bambang Riyanto,DEA, selaku seketaris Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
4. Bapak Ir. Roeswan Soediro,MS selaku pembimbing I Tesis, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tesis.
5. Bapak Ir. Das'ad Widodo, MS selaku pembimbing II Tesis , yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tesis.
6. Para Pimpinan dan Staf Laboratorium Pusat penelitian Prasarana Teknologi Jalan, Departemen Kimpraswil, Bandung, yang telah memberikan fasilitas dalam penelitian ini.
7. Bapak, Ibu ,Kakak tercinta yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil demi keberhasilan kami.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan didalam Tesis ini, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi sempurnanya Tesis ini.

Akhirnya penulis mendedikasikan Tesis ini untuk semua insan ilmu pengetahuan. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan, dan kesejah teraan manusia .

Semarang, Juli 2002

Penulis

DAFTAR ISI

		Halaman
HALAMAN PENGESAHAN		i
ABSTRAKSI		ii
KATA PENGANTAR		iii
DAFTAR ISI		iv
DAFTAR TABEL		vi
DAFTAR GAMBAR		ix
DAFTAR LAMBANG		x
BAB I	PENDAHULUAN	
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Tujuan Penelitian	2
	1.3. Batasan Masalah	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
	2.1. Agregat	4
	2.1.1 Karakteristik Agregat	7
	2.2. Aspal Emulsi	10
	2.3. Bahan Pengisi (*filler*)	12
	2.3.1. Karakteristik Bahan Pengisi Abu Terbang (*Fly Ash*)	13
	2.4. Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)	14
	2.4.1. Karakteristik Campuran Emulsi Bergradasi Rapat	15
	2.5. Permeabilitas	18
	2.6. Pengujian Deformasi Dengan *Whell Tracking*	19
	2.7. Penelitian Yang Pernah Dilakukan	20
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1. Kinerja Penelitian	21
	3.2. Bahan Penelitian	24
	3.3. Peralatan Penelitian	24
	3.3.1. Alat Uji Pemeriksaan Agregat	24

3.3.2. Alat Uji Pemeriksaan Emulsi 25
3.3.3. Alat Uji Karakteristik CEBR 25
3.4. Pelaksanaan Penelitian
3.4.1. Tahap Persiapan 25
3.4.2. Tahap Pemeriksaan Mutu Bahan 25
3.4.3. Tahap Perencanaan 27
3.4.4. Pelaksanaan Penelitian 29
3.4.5. Prosedur Laboratorium 31
3.5. Cara Analisis 50

BAB IV HASIL PENELITIAN
4.1. Hasil Penelitian 59
4.1.1. Hasil Pemeriksaan CEBR Tipe III 59
4.2. Pembahasan 66
4.2.1. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Kerapatan *(density)* 66
4.2.2. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Total Rongga 70
4.2.3. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Penyerapan Air 73
4.2.4. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Kelelehan Plastis 75
4.2.5. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas 77
a. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas Kering 78
b. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas Rendaman 80
c. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas Sisa 82
4.2.6. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas 83
4.2.7. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Nilai Uji Deformasi 84
4.3. Evaluasi Hasil Uji Laboratorium Terhadap Spesifikasi 85

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 88
5.2. Saran 90

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Persyaaratan Agregat Kasar CEBR	8
2.2.	Persyaratan Agregat Halus CEBR	9
2.3.	Persyaaratan Gradasi Tipe III CEBR	9
2.4.	Fraksi Rencana Campuran	10
2.5.	Persyaratan Sifat Campuran	10
2.6.	Unsur Senyawa Kimia dan Sifat Fisika pada *Fly Ash*	14
2.7.	Spesifikasi Gradasi CEBR	15
2.8.	Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Impermeabilitas	19
3.1.	Persyatratan Aspal Emulsi Kationik Tipe H-60	26
3.2.	Persyatratan Agregat Kasar	26
3.3.	Persyaratan Agregat Halus	27
3.4.	Hasil Analisa Saringan dan Gabungan Agregat	27
3.5.	Komposisi Agregat Gabungan Hasil Analisa Saringan	29
3.6.	Rancangaan Benda Uji (*Cold Mix III*) dan Jumlah Benda Uji CEBR	29
3.7.	Jumlah Benda Uji CEBR Untuk Uji Permeabilitas	29
3.8.	Jumlah Benda Uji CEBR Untuk Uji Deformasi	29
3.9.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash*	33
3.10.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash*	36
3.11.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 0 %, Abu Batu 4,6 % (*Cold Mix III*)	39
3.12.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 0 %, Abu Batu 4,6 % (*Cold Mix IV*)	41
3.13.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 1,6 %, Abu Batu 3,0 % (*Cold Mix IV*)	43
3.14.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 4,6 %, Abu Batu 0 % (*Cold Mix IV*)	43
3.15.	Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 6,1 %, Abu Batu 0 % (*Cold Mix IV*)	44

3.16. Komposisi Benda Uji Kebutuhan Agregat, Aspal Emulsi dan Air Untuk Benda Uji Dengan *Filler Fly Ash* 7,6 %, Abu Batu 0 % (*Cold Mix IV*) 46
4.1 Hasil Rerata Pemeriksaan Aspal Emulsi Kationik CSS-I 59
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar 59
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus 59
4.4 Hasil Pemeriksaan *Filler* 59
4.5 Hasil Pengujian *Coating Test* 60
4.6 Perhitungan Kadar Air Optimum Pemadatan 61
4.7 Persyaratan Sifat Marshall CEBR Tipe III 62
4.8 Hasil Test Marsall Pada Kadar *Fly Ash* 4,6 % 62
4.9 Persyaratan Sifat Marshall CEBR Tipe III 63
4.10 Hasil Test Marshall Pada Kadar Aspal Residu 4,375 %..... 63
4.11 Hasil Test Marshall Pada Kadar Aspal Residu 5,0 % 64
4.12 Hasil Test Marshall Pada Kadar Aspal Residu 5,625 % 64
4.13 Hasil Test Marshall Pada Kadar Aspal Residu 6,250% 64
4.14 Hasil Test Marshall Pada Kadar Aspal Residu 6,875 % 65
4.15 Nilai Koefisien Permeabilitas Pada Kadar Aspal dan Kada *Filler Optimum* 65
4.16 Hasil Uji Deformasi dengan *Wheel Tracking* 65
4.17 Nilai Kerapatan Maksimum Pada *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 68
4.18 Nilai Total Rongga Pada *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 71
4.19 Nilai Penyerapan Air dengan *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 72
4.20 Nilai Kelelehan Plastis dengan *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 73
4.21 Nilai Stabilitas Kering dengan *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 76
4.22 Nilai Stabilitas Basah dengan *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 78
4.23 Nilai Stabilitas Sisa dengan *Filler Fly Ash* dan Abu Batu 79
4.24 Nilai Koefisien Pemeabilitas Pada Kadar Aspal Optimim Untuk Kadar *Filler Optimum* 80
4.25 Hasil Uji Deformasi dengan *Wheel Tracking* 81
4.26 Hasil Test Marshall dengan Spesifikasi Bina Marga 1991 82
4.27 Perbandingan Hasil Uji *Cold Mix I* 82
4.28 Perbandingan Hasil Uji *Cold Mix II* 82

4.29 Perbandingan Hasil Uji *Cool Mix III* (Hasil Uji Test Kerapatan dan *Void Analisis*) 82
4.30 Perbandingan Hasil Uji *Cold Mix III* (Hasil Uji Test Marshall) dengan Kadar residu Optimum 5,625 % 83
4.31 Perbandingan Hasil Uji *Cold Mix IV* (Hasil Uji Test Kerapatan dan *Void* Analisis) dengan Kadar residu Optimum 5,625 % 83
4.32 Perbandingan Hasil Uji *Cold Mix IV* (Hasil Uji Test Marshall) 83
4.33 Perbandingan Hasil Uji Permeabilitas dengan Kadar residu Optimum 5,625 % 84

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
3.1.	Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian	23
4.1.	Grafik Hubungan Antara Kadar Air Pemadatan Dengan Berat Jenis Kering..	61
4.2.	Grafik Hubungan Antara Kadar Residu Dengan Berat Jenis Kering.....	63
4.3.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Berat Jenis Kering.....	67
4.4.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Berat Jenis Basah	68
4.5.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Total Rongga.....	72
4.6.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Penyerapan Air.....	74
4.7.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan *Flow*	76
4.8.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Stabilitas Kering.....	79
4.9.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan stabilitas Rendaman.....	81
4.10.	Grafik Hubungan Antara Kadar *Filler* Dengan Stabilitas Sisa.....	82

DAFTAR LAMBANG

γw	=	Berat Volume air (gram/cc)
a	=	Kadar aspal emulsi terhadap agregat (%)
A	=	Luas penampang benda uji (cm^2)
AASHTO	=	*Association of American Society Highway Transport Organization*
b	=	Kadar residu terhadap agregat (%)
BJ Agregat C	=	Berat jenis campuran agregat Curah (gram/cc)
BJ Agregat S	=	Berat jenis campuran agregat Semu (gram/cc)
BJ Agregat E	=	Berat jenis campuran agregat Efektif (gram/cc)
BJ Aspal	=	Berat jenis aspal (kg/m^3)
c	=	Berat benda uji di udara (gram)
CEBR	=	Campuran Emulsi Bergradasi Rapat
CRS	=	*Cationic Rapid Setting*
CMS	=	*Cationic Medium Setting*
CSS	=	*Cationic Slow Seetting*
d	=	Berat benda uji di udara (gram)
DGEM	=	*Dense Graded Emulsion Mix*
e	=	Berat benda uji di dalam air (gram)
f	=	Volume benda uji (cc)
g	=	Berat benda uji basah (gram/cc)
h	=	Kadar air saat pengujian (%)
i	=	Berat volume benda uji kering (gram/cc)
j	=	Rongga dalam agregat (%)
k	=	Total rongga (%)
k'	=	Koefisien permeabilitas (cm/detik)
l	=	Rongga udara (%)
m	=	Berat benda uji setelah direndam 24 jam (gram)
n	=	Penyerapan air (%)
o	=	Nilai pembacaan arloji pembacaan
p	=	o * kalibrasi proving ring

q	=	Stabilitas = p * koreksi volume benda uji (kg)
s	=	Stabilitas sisa (%)
sb	=	Stabilitas basah (kg)
sk	=	Stabilitas kering (kg)
VFA	=	*Voids filled with asphalt*
VITM	=	*Voids in the mixture*
VMA	=	*Voids in mineral agregate*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Pesatnya pertumbuhan lalu lintas cenderung memperpendek umur pelayanan jalan, sedangkan pembuatan jalan baru maupun pemeliharaan jalan yang sudah ada dituntut agar semakin tinggi kualitasnya, baik segi kekuatan maupun segi keamanan dan kenyamanan bagi penggunanya. Sementara dilain pihak dana pembangunan sangat terbatas. Untuk memenuhi tuntutan tersebut maka perlu diadakan upaya efisiensi diberbagai komponen pembangunan jalan, baik bahan konstruksi perkerasan, peralatan yang digunakan maupun biaya-biaya konstruksi lainnya. Deversifikasi bahan konstruksi perkerasan jalan dan teknologi bahan perkerasan jalan merupakan salah satu langkah yang tengah diupayakan pemerintah untuk menjawab permasalahan tersebut.

Aspal emulsi merupakan salah satu hasil deversifikasi bahan dari teknologi bahan perkerasan jalan, merupakan suatu alternatif dari aspal semen (AC) yang umum digunakan saat ini. Penggunaan aspal emulsi dapat memberikan pemecahan bagi masalah konstruksi dan pemeliharaan jalan dengan perkerasan lentur, disamping sifat workability tinggi juga memberikan penghematan biaya penggunaan alat, yang pada akhirnya akan menghemat biaya konstruksi.

Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) sebagai suatu konstruksi lapis perkerasan, kualitasnya dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, yaitu agregat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang bersifat struktural, *filler* sebagai bahan pengisi, dan aspal sebagai bahan pengikat. Untuk mengisi rongga-rongga diantara agregat pada Campuran Emulsi Bergradasi Rapat biasanya digunakan bahan pengisi *(filler)* dari bahan abu batu sebagai standar. Mengingat sangat langka keberadaan bahan abu batu, untuk itu

UPT-PUSTAK-UNDIP

sebagai pengganti abu batu dipilih bahan alternatif, dengan memakai abu terbang (*Fly Ash)*. Bahan sisa pembakaran batu bara yang berupa abu batu dan mengandung silika ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan jika tidak ditangani secara memadai.

Mengingat potensi *Fly Ash* yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berlimpah dan semakin banyaknya industri yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Maka untuk meningkatkan nilai guna dan nilai tambah limbah industri tersebut perlu diadakan upaya pemanfaatanya.

Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan tambah beton sudah banyak diteliti dan dikembangkan di Indonesia dan di negara-negara maju yang banyak menghasilkan batu bara seperti USA, Australia, Yugoslavia dan lain-lain. Tetapi belum banyak pemanfaatan atau penelitian yang mengaplikasikan *fly ash* untuk campuran aspal. Mengingat perilaku *fly ash* jika dalam keadaan halus dan adanya air pada suhu biasa akan membentuk persenyawaan yang mempunyai sifat semen. Maka dari itu dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh *fly ash* sebagai bahan *filler* pada Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR).

Pengaruh *fly ash* diharapkan akan meningkatkan karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) terhadap sifat Marshall seperti nilai densitas, total rongga, stabilitas redaman, stabilitas sisa dan menurunkan nilai permeabilitas, sehingga akan meningkatkan nilai struktural dari lapis perkerasan, seperti nilai stabilitas, fleksibilitas, durabilitas dan impermeabilitas (kedap air).

1.2. Tujuan Penelitian.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh *fly ash* sebagai *filler* dengan beberapa variasi pada Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) terhadap

kerapatan (*density*), *flow*, stabilitas Marshall. Untuk mengkaji seberapa besar pengaruh *"fly ash"* terhadap jenis aspal emulsi kationik CSS-I campuran aspal bergradasi rapat terhadap nilai karakteristik Marshall. Sehingga dapat diketahui antara lain sebagai berikut:

a. Kelelehan plastis *(flow)* yang menunjukkan besarnya deformasi (penurunan vertikal).
b. Kerapatan campuran (*density*), merupakan derajat kepadatan suatu campuran.
c. Stabilitas, menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur *(rutting)* akibat beban repetisi.
d. Mengetahui kemampuan permukaan perkerasan pada campuran optimum untuk menahan perembesan air ke dalam lapis perkerasan dengan pengujian impermeabilitas.
e. Mengevaluasi campuran optimum dengan pengujian deformasi menggunakan *Wheel Tracking*.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pemikiran bagi perencana, pelaksana dan pengawas pembangunan jalan tentang manfaat lapis perkerasan *Coldmix* dengan menggunakan Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)

1.3. Batasan Masalah.

Penelitian ini kajiannya terbatas pada seberapa besar pengaruh *fly ash* terhadap jenis aspal emulsi kationik CSS-I pada Campuran Aspal Bergradasi Rapat (CEBR) terhadap nilai karakteristik Marshall dan pengujian deformasi dengan menggunakan *Wheel Tracking* serta uji permeabilitas, dengan penerapan pemakaian hasil kombinasi gabungan agregat kasar, sedang, halus, dan pasir dari daerah Banjaran, Jawa Barat dan menggunakan spesifikasi gradasi agregat *The Asphalt Institute MS-19 (1979)* dan spesifikasi khusus Bina Marga (1991).

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat. Agregat merupakan komponen pokok dalam perkerasan aspal, bahkan hingga 90% - 95% terhadap berat campuran atau 75%-85% terhadap prosentase volume. Agregat yang digunakan dalam campuran dingin sebaiknya menyesuaikan dengan jenis aspal emulsi yang ada. Jika agregat yang digunakan bersifat elektropositif maka aspal emulsi yang digunakan sebaiknya jenis anionik, jika agregat yang digunakan bersifat elektronegatif, maka aspal emulsi yang digunakan sebaiknya jenis kationik (Bagus Priyatno, 1999).

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

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

      Gradasi atau distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dalam proses pelaksanaan. Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, menurut *Krebs and Walker*, 1971, yaitu :

      1) Gradasi Seragam *(uniform graded)*, yaitu gradasi yang mempunyai ukuran butiran hampir sama atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi ini

akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

2) Gradasi Rapat *(dense graded)*, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga disebut juga agregat bergradasi baik *(well graded)*. Gradasi ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air dan berat volume besar.

3). Gradasi buruk/jelek *(poorly graded)* merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah *(gap graded)* yaitu merupakan campuran agregat dengan dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit, menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

b. Kadar Lumpur

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

c. Kekerasan /kekuatan batuan.

Batuan yang digunakan untuk lapis keras harus cukup keras dan juga harus kuat untuk menerima gaya-gaya baik saat pencampuran maupun selama masa pelayanan tanpa mengalami degradasi maupun disintegrasi. Untuk menguji kekerasan dan kekuatan batuan digunakan mesin *Los Angeles Test*. Pengujian

ini bertujuan untuk menguji ketabahan batuan terhadap benturan (*impact*) dan abrasi.

d. Bentuk butir.

Bentuk batuan sangat penting untuk memperoleh gaya geser yang besar antar 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.

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :

a. Porositas.

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

b. Bentuk batuan.

Pecahnya film aspal yang menglilingi 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.

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

a. Tahanan geser (*skid resistance*)

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

1) menggunakan batuan dengan mikrotekstur tinggi dan nilai abrasi rendah.
2) membuat kondisi permukaan mempunyai mikrotekstur tinggi misalnya dengan menambah *chipping*.
3) mengurangi kadar aspal

b. 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.

2.1.1. Karakteristik 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.

Dilihat dari jenis agregat, sebagian besar wilayah Indonesia memiliki sumber-sumber agregat dengan komponen terbesar SiO_2 (silica), 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).

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

1. Agregat kasar harus terdiri atas bahan yang baik, hasil pemecahan atau bukan, yang bersih dan kuat awet, dan bebas dari kotoran atau bahan lain yang tidak diperkenankan dan sifat mekaniknya memenuhi yang diisyaratkan . niali abrasi *Los Angeles* untuk semua tipe campuran tidak boleh lebih dari 40% pada putaran.
2. Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan gradasi seperti tabel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1. 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

3. Agregat halus harus terdiri dari pasir hasil pecahan batu atau pasir alam, yang bebas dari gumpalan atau butiran lempung atau tanah.
4. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi atau mendekati persyaratan gradasi seperti disajikan pada tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2. 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 spesifikasi *The Asphalt Institute*, dalam *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, persyaratan gradasi Tipe III, adalah seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Persyaratan Gradasi Tipe III CEBR

Saringan	% berat yang lolos
1"	100
¾"	90 – 100
⅜"	60 – 80
# 4	35 – 65
# 8	20 – 50
# 50	3 – 20
# 200	2 – 8

The Asphalt Institute MS – 19, 1979.

Campuran CEBR harus direncanakan untuk 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 dikerjakan, mudah dimanfaatkan dan tidak peka terhadap pengaruh kelembaban.

Fraksi rencana untuk campuran umumnya harus berada dalam komposisi yang diberikan pada tabel 2.4 atau kalaupun ditentukan lain harus mengikuti persyaratan sifat campuran dalam tabel 2.5.

Tabel 2.4. Fraksi Rencana Campuran

Fraksi Campuran Rencana	Prosentase Berat total campuran					
	Tipe I/50 Lapis Pondasi Bawah	Tipe II/47,5 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 2.5. Persyaratan Sifat Campuran

Sifat Campuran		I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	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 seudah 48jam pada suhu ruang)	Maksimum	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Kadar rongga potensial (% berat total campuiran 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 (micron)	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

2.2. Aspal Emulsi

Aspal emulsi merupakan aspal yang didespersikan secara merata kedalam air. Untuk dapat mendispersikan aspal yang bersifat non polar ke dalam air yang bersifat polar diperlukan bahan pengemulsi atau *emulsifier* yang molekulnya memilik bagian polar dan non polar, bagian polar dari emulsifier akan larut dalam

air, sedangkan bagian non polar akan larut ke 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.

Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas:

1. Aspal emulsi *kationik* disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik positif, pada umumnya baik digunakan untuk melapisi batuan yang netral dan batuan alam, seperti andesit dan basal.
2. Aspal emulsi a*nionik* disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik negatif dan pada umumnya dapat digunakan untuk melapisi batuan basa dan netral dengan baik.
3. Aspal emulsi *nonionik* adalah aspal emulsi yang tidak bermuatan listrik karena tidak mengalami ionisasi

Berdasarkan kecepatan mengerasnya dan penggunaanya secara umum aspal emulsi dapat dibedakan atas (Shirley L Hendarsin, 2000):

1. Aspal Emulsi RS *(Rapit Setting)* :

   Aspal emulsi jenis ini direncanakan untuk bereaksi secara cepat dengan agregat dan berubahnya emulsi ke aspal. Jenis RS akan menghasilkan lapisan film yang relatif tebal.

2. Aspal Emulsi MS *(Medium Setting)* :

   Aspal emulsi ini direncanakan untuk pencampuran dengan agregat kasar, karena jenis ini tidak akan memecah jika berhubungan dengan agregat,

sehingga campuran yang menggunakan jenis ini akan tetap dapat dihamparkan dalam beberapa menit.

3. Aspal Emulsi SS *(Slow Setting)* :

   Jenis ini direncanakan untuk pencampuran dengan stabilitas maksimum. Jenis ini digunakan dengan agregat bergradasi padat dan mengandung kadar agregat halus yang tinggi.

2.3. Bahan pengisi *(filler)*

Bahan pengisi dalam CEBR merupakan faktor penentu terhadap stabilitas, keawetan dan kemudahan dalam pelaksanaan. *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 diisi dengan partikel lolos saringan No. 200, membuat rongga udara kecil dan kerapatan massanya lebih besar. Menurut Dukatz, E.L.(1978). Kelompok mineral *filler* dalam campuran aspal yang mempunyai partikel dengan diameter yang 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. Untuk penelitian ini akan dipakai *filler* dari abu terbang (*fly ash),* abu hasil dari pembakaran batu bara.

2.3.1. Karakteristik Bahan Pengisi Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly Ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara yang berbentuk partikel halus pada pabrik pembangkit panas yang dikeluarkan dari ruang perapian dari

suatu ketel uap. *Fly Ash* merupakan suatu pozolan buatan. Pozolan adalah suatu bahan alami atau buatan yang mengandung senyawa silika dan alumina serta tidak mempunyai sifat semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium silikat , kalsium aluminat hidrat yang bersifat hidrolis.

Menurut standart ASTM C 168-87 / AASHTO M 295-90, abu terbang hasil pembakaran batu bara digolongkan berdasarkan jenis batu bara yang digunakan untuk pembakaran tersebut.

Ada dua jenis abu terbang , yaitu:

1. Kelas F

Abu terbang ini dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis anthrasit atau bituminus.

2. Kelas C

Abu terbang ini dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignit atau sub bituminus.

Adapun susunan kimia dan sifat fisika abu terbang secara umum tercantum pada tabel 2.8. sebagai berikut :

Tabel 2.8. Unsur senyawa kimia dan sifat fisika pada *Fly Ash*

Nama Oksida	ASTM C 618-87 AASHTO M 295-90		Fly Ash Suralaya
	Kelas F	Kelas C	
SUSUNAN KIMIA			
1. Silikon Oksida ,(Si O2), Alumunium Oksida (Al2 O3), Besi Oksida (Fe2O3) min (%)	70	50	80.47
2. Kalsium Oksida (Ca O), max (%)	30	40	8.45
3. Magnesium Oksida (Mg O) max (%)	5	5	3.11
4. Sodium Oksida (Na2O), max (%)	1.5	1.5	0.11
5. Potasium Oksida (K2O) (%)	-	-	0.84
SIFAT-SIFAT FISIKA			
6. Berat Jenis	-	-	3.31

Sumber : - Surveyor Indonesia, April 2002
- Puslitbang Jalan, 2002

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 *Asphalt Institute* MS-19, 1979, dan Spesifikasi Khusus Bina Marga, 1991 tersebut dalam tabel 2.9. sebagai berikut :

Tabel 2.9. 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 ½ " (38.1 mm)	90 – 100	100			
1 " (12.5 mm)	-	90 – 100	100		
¾ " (19 mm)	60 – 80	-	90 – 100	100	
½ " (12.5 mm)	-	60 – 80	-	90 – 100	100
⅜ " (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 equivalen) %	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Abrasi (Los Angeles 500 putaran) %	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40	Maks 40

Sumber : *Asphalt Institute, MS-19 1979, Spesifikasi Khusus Bina Marga 1991*

Tipe CEBR seperti pada tabel diatas mempunyai kegunaan yang berbeda-beda, untuk TipeI/50 dengan ukuran agregat nominal maksimum 50 mm digunakan untuk lapis pondasi bawah (*sub base*). Tipe II/37.5 digunakan untuk lapis pondasi atas *(base)* atau bawah *(sub base)*. Tipe III/25 dan Tipe IV/19 digunakan untuk lapis pondasi atas *(base)* maupun, lapis permukaan. Tipe V/12.5 digunakan untuk campuran yang paling halus, untuk lapis pondasi atas *(base)* maupun lapis permukaan (Bina Marga, 1991).

2.4.1. 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.

Penelitian ini akan membahas 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 didalam struktur agregat yang ditentukan juga oleh pemilihan tipe gradasi dan metode pemadatan.

Menurut *The Asphalt Institute*, MS-19 (1979) dan *The Asphalt Institute*, MS-14 (1990) disebutkan bahwa karakteristik CEBR yang harus dievaluasi adalah kadar air penyelimutan, kadar air pemadatan, *density, total void*, stabilitas sisa, dan absorpsi sebagaimana diuraikan dalam persamaan matematis pada persamaan (3.1) sampai dengan persamaan (3.17) berikut :

$$i = g \times [(100 + b)/(100 + b + h)] \quad \ldots\ldots (2.2)$$

$$g = c/f \quad \ldots\ldots (2.3)$$

$$h = (100-b) \times (\text{masaair/camp.kering}) \quad \ldots\ldots (2.4)$$

$$j = 100 \times \left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots (2.5)$$

$$k = 100 \times \left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s} - \frac{b}{A}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots (2.6)$$

$$l = k - \left[\frac{hx100}{bjair}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots (2.7)$$

$$n = [(m - c) / c] \times 100 \quad \ldots\ldots (2.8)$$

$$Ss = \frac{Sb}{Sk} \times 100\ \% \quad \ldots\ldots (2.9)$$

Keterangan :

a = kadar aspal emulsi terhadap agregat (%)

b = kadar aspal residu terhadap agregat (%)

c = berat benda uji di udara (gr)

i = berat volume benda uji kering (gr/cc)

g = berat volume benda uji basah (gr/cc)

f = volume benda uji (cc)

h = kadar air saat pengujian (%)

j = rongga dalam agregat (VMA) (%)

k = total rongga (VITM) (%)

l = rongga udara (%)

m =berat benda uji SSD setelah direndam 2x24 jam (gram)

n = penyerapan air (%)

S = stabilitas yang terkoreksi (kg)

Sb = stabilitas basah (kg)

Sk = stabilitas kering (kg)

Ss = Stabilitas sisa (kg)

Dengan :

f = $(d - e) - (d - c)/\mu$ .....(2.10)

(jika benda uji diselimuti lilin, untuk mendapatkan *dry bulk spesific grafity*).

d = berat benda uji + lilin di udara, (gr)

e = berat benda uji + lilin di dalam air (gr)

atau

f = (d – e) .....(2.11)

(jika benda uji tanpa diselimuti lilin,untuk mendapatkan *dry bulk spesific grafity*)

d = berat benda uji jenuh air (SSD) di udara (gr)

e = berat benda uji di dalam air (gr)

2.5. Permeabilitas

Permebilitas didefinisikan sebagai suatu kecepatan mikroskopis sebuah partikel dari satu satuan viskositas zat alir pada suatu titik dalam medium yang dipengaruhi oleh gradien tekanan (Suparma, 1997). Permeabilitas sangat penting untuk memberi rongga yang memadai didalam perkerasan, karena angka aliran yang tinggi menunjukkan perkerasan mudah rusak dan pergerakan udara didalam perkerasan mengakibatkan oksidasi evaporasi pada bahan ikat (aspal). Pergerakan air didalam perkerasan mengakibatkan kelemahan pada struktur atau kegagalan dari perkerasan melalui *stripping*, sehingga konstruksinya relatif rendah pada batas durabilitasnya. (Suparma, 1997).

Salah satu karakteristik perkerasan adalah permeabilitas, yaitu kemampuan permukaan perkerasan untuk menahan rembesan air kedalam perkerasan. Menurut *The Asphalt Institute*. MS-19 (1979) disebutkan bahwa volume pori dalam campuran (*total void*) merupakan salah satu karakteristik CEBR yang amat penting dalam kaitannya dengan tingkat kekedapan terhadap air (*impermeabilitas*) dalam lapisan perkerasan. Ini berarti lapis perkerasan harus memiliki nilai permeabilitas kecil.

Permeabilitas menurut *Cabrera dan Zoorob, (1999)* didefinisikan sebagai sifat yang menunjukkan kemampuan material untuk dilalui atau dirembesi oleh zat cair melalui hubungan antar pori. Dalam Suyono Sosrodarsono (1987) bahwa koefisien permeabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$k' = 2{,}3\frac{aL}{At}\log\frac{ho}{h1} \qquad \text{..... (2.12)}$$

Keterangan:

k' = koefisien impermeabilitas (cm/detik)

t = waktu yang tercatat (detik)

A = luas penampang melintang benda uji (cm^2)

a = luas penampang melintang pipa (cm^2)

L = tebal benda uji (cm)

ho = tinggi permukaan air dalam pipa pada saat pengujian dimulai (cm)

h1 = tinggi permukaan air dalam pipa pada saat pengujian berakhir (cm)

Berdasarkan koefisien permeabilitas, campuran aspal dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.9. Klasifikasi campuran aspal berdasarkan impermeabilitas.

K' (cm/sec)	*Impermeability*
1×10^{-8}	Impervious
1×10^{-6}	Practically impervious
1×10^{-4}	Poor drainage
100×10^{-4}	Fair drainage
1000×10^{-4}	Good drainage

Sumber : Suparma, 1997

2.6. Pengujian Deformasi Dengan *Wheel Tracking*

Pengujian *Wheel Tracking* adalah merupakan suatu test simulasi dimana suatu roda yang berputar maju mundur diatas benda uji. Dimensi benda uji adalah 30cm x 30cm x 5cm. Pemadatan benda uji dilaksanakan sampai mencapai tingkat kepadatan *Marshall*, dalam rentang ± 1%. Pemadatan dilakukan pada suatu bidang kontak sebesar 5,6 kg/cm2 dengan 75 kali lintasan. Setelah pemadatan, benda uji didiamkan pada suhu kamar selama lebih kurang 12 jam. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan karakteristik deformasi campuran yang diakibatkan oleh beban roda kendaraan.

2.7. Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Penelitian yang sudah pernah ada antara lain, Pengaruh Gipsum Sintetis (CA SO4 2H2O) Dan Portland Cement Sebagai Bahan Filler Terhadap Sifat Marshall Dan Permeabilitas Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (DGEM),oleh Bagus Priyatno, (2000). Dengan hasil sebagai berikut :

a. Nilai densitas untuk *filler gipsum sintetis* dan *portland cement* semakin meningkat sampai batas maksimum dicapai pada kadar *filler* 5,5% dan kadar residu 5,4%.
b. Total rongga udara minimum dicapai pada kandungan *filler* 5,5% dengan kandungan residu 5,4%.
c. Semakin tinggi prosentase kadar *filler gipsum* sintetis dan *portland cement* semakin baik sifat permeabilitas campuran.
d. Nilai stabilitas kering *filler gipsum* sintetis jauh lebih kecil dibanding dengan *filler portland cement.*
e. Stabilitas rendaman *filler portland cement* jauh lebih baik dibanding dengan pemakaian *filler gipsum* sintetis.
f. Nilai stabilitas sisa cukup baik diatas persyaratan yang ada dengan *filler portland cement*, lebih tinggi dari *filler gipsum* sintetis.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

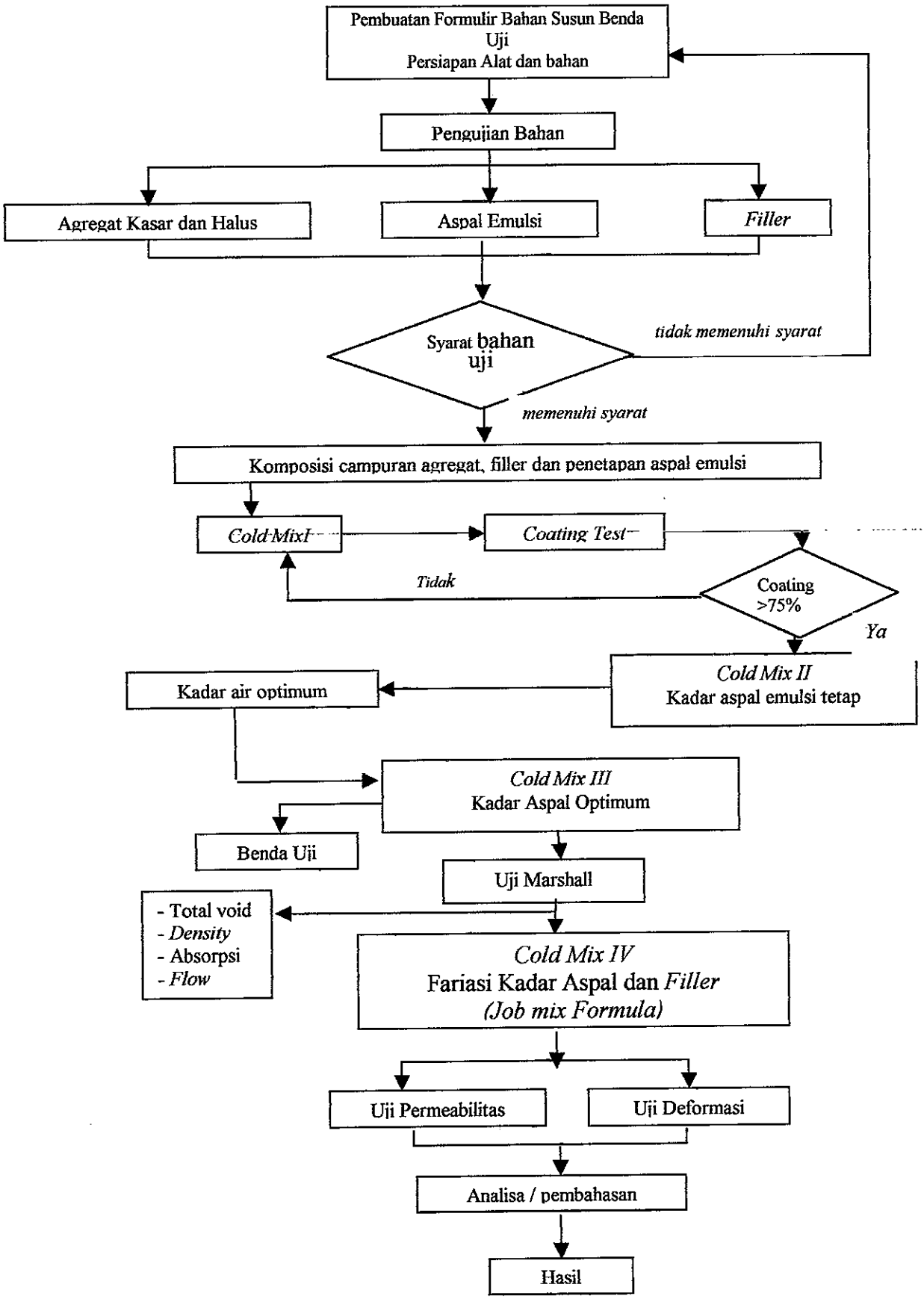
3.1. Kinerja Penelitian

Dalam pembuatan campuran CEBR dapat dilakukan beberapa macam percobaan laboratorium. Percobaan laboratorium ini meliputi pemeriksaan bahan, 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 :

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

Secara umum kinerja dan pengujian laboratorium serta analisis struktural 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* 1 s/d *cold mix IV*), pengujian modifikasi *marshall*, pengujian permeabilitas, dan pengujian deformasi. Secara skematis, urutan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

3.2. Bahan Penelitian

1. 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 19 mm sampai 3 mm, sedangkan agregat halus digunakan kombinasi dari jenis batu pecah dengan pasir, dengan ukuran nominal 0,2 mm sampai 0,01 mm yang berasal dari daerah Banjaran, Jawa Barat.

2. Bahan pengisi (*filler*)

   Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan merupakan butiran halus berukuran nominal 200 mesh dari abu terbang *(fly ash)* sisa pembakaran batu bara pada PLTU Suralaya, Jawa Barat.

3. Aspal emulsi

   Aspal emulsi yang digunakan adalah aspal emulsi jenis kationik tipe CSS-1 (*Cationic Slow Setting* tipe H-60) produksi PT. Hutama Prima, Cilacap, Jawa Tengah.

3.3. Peralatan Penelitian

3.3.1 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 equivalen*, alat uji berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar, timbangan.

3.3.2 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.

3.3.3 Alat uji karakteristik CEBR

Alat uji karakteristik Campuran Emulsi Bergradasi Rapat dengan metode modifikasi *Marshall*, alat uji permeabilitas dan alat uji *Wheel Tracking.*

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 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 dipersiapkan semua peralatan penelitian termasuk didalamnya mengadakan kalibrasi peralatan seperti timbangan, alat tumbuk, peralatan *Marshall,* alat uji permeabilitas dan alat uji *Wheel Tracking.*

3.4.2. Tahap Pemeriksaan Mutu Bahan

Bahan – bahan yang 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 :

a. Pemeriksaan agregat

   1) Pemeriksaan keausan dengan mesin *Los Angeles* (AASHTO T 96 – 1982)

   2) Analisa saringan (AASHTO T 27 – 82)

UPT-PUSTAK-UNDIP

3) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus (AASHTO T84 –81)

4) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar (AASHTO T85 – 81)

b. Pemeriksaan aspal emulsi

1) *Sieve test,* untuk mengetahui keseragaman campuran dengan menyaring menggunakan saringan 850 μ m (AASHTO T 59 – 82)

2) *Residue from destilation test,* untuk mengetahui kandungan bitumen atau residu dalam aspal emulsi (AASHTO T 78 – 80)

3) *Viscosity,* untuk mengetahui kemampuan aspal emulsi yang mengalir (AASHTO T 59 – 82)

4) *Storage stability,* mengetahui keseragaman penghamburan selama aspal emulsi disimpan (AASHTO T 59 – 82)

5) *Water content test,* untuk mengetahui kandungan air dalam aspal emulsi (AASHTO T 55 – 82)

6) *Particle Charge,* untuk mengetahui kandungan ion pada aspal emulsi.

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

Tabel 3.1 Persyaratan Aspal Emulsi Kationik Tipe H-60

No	Jenis pemeriksaan	Syarat
1.	*Water content (%)*	–
2	*Storage stability 24 hour (%)*	0 – 1
3.	*Viscosity SF 25℃*	20 – 100
4.	*Homogenity by sieving (%)*	0 – 0.1
5.	*Residue from evaporation test (%)*	min 57
6.	*Particle charge*	positif
7.	*Residue penetration* (0,1 mm)	135 – 250
8.	*Residue ductility* (cm)	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 *sand equvalent* (%)	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

3.4.3. Tahap Perencanaan CEBR

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 daerah Banjaran, Jawa Barat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada table 3.4 sebagai berikut :

Tabel.3.4. Hasil Analisa Saringan Dan Gabungan Agregat

Uraian		**Lolos Saringan (%)**						
Inch **mm**		**1"** **25**	**¾"** **19**	**3/8"** **9.5**	**#4** **4.75**	**#8** **2.36**	**#50** **0.3**	**#200** **0.075**
Data Gradasi								
Filler		100	100	100	100	100	100	100
Pasir		100	100	100	100	88.7	23.4	0.0
Agregat Halus		100	100	100	95.0	77.3	23.1	5.1
Agregat Sedang		100	100	97.2	41.6	20.0	6.9	1.4
Agregat Kasar		100	85.7	16.8	13.4	3.7	1.0	0.5
Kombinasi Gabungan Agregat								
Filler	3.0%	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Pasir	10.0%	10.0	10.0	10.0	10.0	8.9	2.3	0.0
Agregat Halus	20.0%	20.0	20.0	20.0	19.0	15.5	4.6	1.0
Agregat Sedang	32.0%	32.0	32.0	31.1	13.3	6.4	2.2	0.4
Agregat Kasar	35.0%	35.0	30.0	5.9	4.7	1.3	0.4	0.2
Hasil Gabungan Agregat		100.0	95.0	70.0	50.0	35.0	12.5	4.6

Laboratorium Puslitbang Jalan, 2002

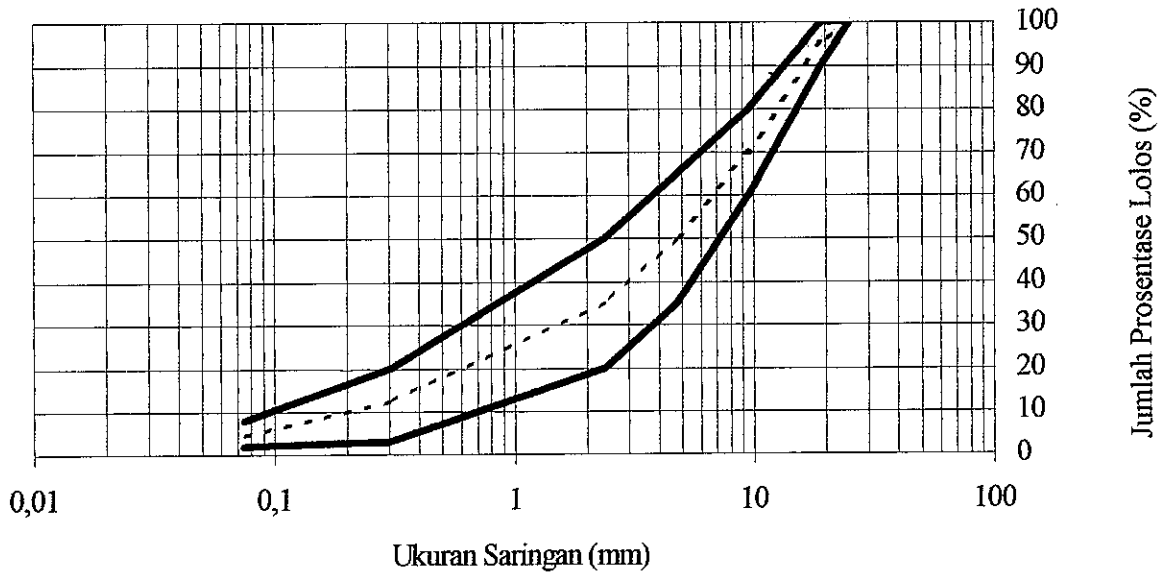
Persyaratan persentasi lolos mengacu pada *Asphalt Institute MS. 19* (1979) dengan mengambil gradasi CEBR tipe III. Gradasi campuran rencana dapat dilihat pada tabel 3.5.

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 persentase Lolos Ukuran saringan standar Terhadap total agregat (%)	Rencana Persentase Lolos Ukuran Saringan StandarTerhadap 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
300 µm	3 – 20	12.5
75µm	2 – 8	4.6

Gradasi Agregat Campuran CEBR Tipe III



Benda uji dibuat berdasarkan variasi kadar aspal emulsi dan variasi kadar *filler* yang direncanakan. Berat campuran agregat untuk satu benda uji menurut

Spesifikasi *The Asphalt Institute MS 19*,(1979) dan dengan metode pengujian mengacu pada *The Asphalt Institute MS 14*, (1990). Benda uji masing-masing dibuat 4 (empat), 2 (dua) untuk *dry test* dan 2 (dua) lagi untuk *soaked test*, uraiannya seperti tabel 3.6. berikut :

Tabel 3.6. Rancangan benda uji (*cold mixIII*) dan jumlah benda uji CEBR

Filler / Kadar Aspal emulsi (%)	Kadar *filler* (%)									
	Fly ash 0		Fly ash 1,6		Fly ash 4,6		Fly ash 6.1		Fly ash 7,6	
	Abu batu 4,6		Abu batu 3,0		Abu batu 0		Abu batu 0		Abu batu 0	
7	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S
8	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S
9	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S
10	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S
11	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S	2D	2S

Tabel 3.7. Jumlah benda uji CEBR untuk Uji Permeabilitas

Filler / Kadar Aspal emulsi (%)	Kadar *filler fly ash* (%)	
	0	Optimum
Optimum	2D	2D

Tabel 3.8. Jumlah benda uji CEBR untuk Uji Deformasi

Filler / Kadar Aspal emulsi (%)	Kadar *filler fly ash* (%)	
	0	Optimum
Optimum	2S	2S

3.4.4. Pelaksanaan Penelitian

a. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan saat penelitian adalah sebagai berikut :

(1) Satu set alat uji Marshall, yang terdiri dari :

(a) Mesin penekan.

(b) Kepala penekan (*breaking head*), yang berbentuk lengkung.

(c) Cincin penguji (*proving ring*) yang mempunyai kapasitas 3500 kg (7000 lbs) dengan kalibrasi 13,12 yang dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,001").

(d) Arloji penunjuk kelelehan (*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.

(e) Cetakan benda uji, berbentuk silinder dengan diameter 10 cm (4"), tinggi 7,5 cm (3"), dilengkapi dengan pelat alas dan leher sambung.

(f) Satu set peralatan manual terdiri dari :

1. Penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 45,7 cm.
2. Landasan pemadat.
3. Spatula.
4. *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan pada cetakan yang bekerja secara hidrolis.

(2) Bak perendam.

(3) Oven yang suhunya dapat diatur konstan $\pm$ 40°C.

(4) Satu set saringan ukuran 1", ¾ ", 3/8 ", no.4, no.8, no.50, no.200, dan pan

(5) Alat bantu lain :

a) Panci pencampur.

b) Senduk pengaduk.

(6) Gelas ukur dengan kapasitas 100 ml.

(7) Timbangan digital dan timbangan mekanik.

(8) Satu set alat untuk pengujian permeabilitas menggunakan alat uji permeabilitas.

b. 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 kadar aspal emulsi dan kadar *filler*), tes Marshall untuk kadar aspal dan *filler* optimum.

(1) *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 aspal emulsi terhadap agregat. Nilai 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.

(a) Bahan benda uji

Agregat sebanyak 1200 gram sesuai dengan gradasinya.

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

1. $p = 0{,}05\ A + 0{,}1\ B + 0{,}5\ C$ ..... (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

2. $$p = \frac{0.035A + 0.045B + kC + F}{R}$$ ..... (3.2)

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

$F = 0 - 2\ \%$

Untuk 0,7 – 1,0 harus memenuhi syarat

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

k = 0,15 untuk 11 – 15 % lolos no.200

0,18 untuk 6 – 10 % lolos no.200

0,20 untuk 5 % lolos no.200

(b) Cara melakukan pembuatan benda uji

1. Masing-masing agregat dimasukkan dalam oven bersuhu ± 105° sampai berat tetap.
2. Agregat yang telah kering oven dicampur sesuai dengan prosentase beratnya masing-masing ±1200 gram dan ditempatkan pada panci pengaduk.
3. Air bersih ditambahkan pada agregat campuran, diaduk hingga rata (homogen) selama ± 1 menit. Penambahan air dimulai 1 % atau 2 % dari total berat agregat dan dilanjutkan dengan penambahan 1 % atau 2 %.
4. Aspal emulsi dituangkan kedalam agregat yang sudah basah air dengan jumlah berdasarkan prosen pekiraan terhadap campuran agregat kering, lalu diaduk selama lebih kurang 60 detik hingga rata.
5. Campuran antara aspal emulsi dengan agregat diletakkan diatas pan dan dibiarkan hingga kering udara.

6. Amati dan catat prosentase penyelimutan yang terjadi. Jika penyelimutan kurang dari 75 % luas permukaan, maka langkah 3 sampai dengan 5 diulangi dengan penambahan kadar air pada agregat kering sampai dengan diperoleh penyelimutan lebih besar 75 %. Campuran yang terlalu basah harus dihindari.
7. Jika penyelimutan lebih besar dari 75 % tidak terpenuhi dengan cara penambahan air, maka jumlah pemakaian aspal emulsi ditambah dan diulangi langkah 3 sampai dengan 6.

Komposisi kebutuhan agregat, aspal emulsi,air benda uji untuk *Cold Mix I* dapat dilihat pada tabel 3.9 sebagai berikut:

Tabel 3.9 Komposisi kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler Fly Ash*

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Penam bahan Air		Kadar Aspal emulsi		Total Air pada campuran
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		Filler					
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	gr	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6
B	B	B	B	P	B	P	B	P	fly ash					
60	300	240	166.8	132	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	1	12	9	108	5.085
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	2	24	9	108	6.085
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	3	36	9	108	7.085
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	4	48	9	108	8.085
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	5	60	9	108	9.085

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(2) *Cold mix II* / pemeriksaan kadar air pemadatan.

Untuk menentukan kebutuhan air yang optimal pada campuran aspal emulsi. Pemeriksaan ini merupakan kelanjutan dari *coating test* yang dilakukan sebelumnya.

Cara melakukannya :

Menyiapkan komposisi benda uji, sesuai dengan prosentase gradasi campuran sebesar 1200 gram, selanjutnya adalah :

(a) Menyiapkan aspal emulsi dengan kadar air seperti saat *Coating Test*, selanjutnya berfungsi sebagi konstanta pada penentuan kadar air optimum ini.

(b) 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.

(c) Menyiapkan lilin beserta data berat jenisnya.

(d) Dengan kadar air emulsi konstan, dibuat variasi kandungan air campuran untuk mendapatkan kadar air optimum. Tiap variasi dibuat dua buah benda uji.

(e) Campuran dimasukkan dalam panci pengaduk dicampur hingga rata (homogen) lalu dipadatkan dengan cetakan Marshall sebanyak 2 x 50 kali tumbukan (tiap sisi ditumbuk 50 kali).

(f) Langkah (e) diatas diulangi untuk membuat 5 (lima) perbedaan kadar air campuran.

(g) Campuran yang dipadatkan dibiarkan berada dalam cetakan selama $\pm$ 24 jam untuk memberikan kesempatan aspal emulsi mengalami proses *Setting,* cetakan dibiarkan terbaring.

(h) Benda uji dikeluarkan lalu ditimbang di udara lalu diselimuti lilin cair panas sampai seluruh pori-pori lilin tertutup.

(i) Benda uji didinginkan lalu ditimbang lagi beratnya di udara didalam air.

(j) Benda uji dipecah, diambil beberapa gumpalan untuk diperiksa kadar air, dihindari ikut terambil bagian yang berlilin.

(k) Menghitung nilai Bulk dan *Dry Bulk Spesific Gravity*-nya, lalu menetapkan kadar air optimum pada *Dry Bulk Spesific Gravity* yang maksimum.

Tabel 3.10 Komposisi kebutuhan agregat, aspal emulsi dan air untuk benda uji dengan *Filler Fly Ash.*

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		*Filler*	%	gr	%	Gr	%	gr
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%						
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	fly ash						
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	9	108	5	50.15	0	0
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	9	108	5	50.15	1	12
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	9	108	5	50.15	2	24
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	9	108	5	50.15	3	36
60	300	240	166.8	13.2	190.8	79.2	67.2	27.6	48.55	9	108	5	50.15	4	48

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(3) *Cold mix III* / kadar aspal emulsi optimum.

Untuk menentukan kadar aspal optimum digunakan kadar air optimum pemadatan yang telah ditetapkan. Komposisi benda uji dapat dilihat pada tabel 3.11 dengan perhitungan sama seperti perencanaan *cold mix II*. Cara melakukan pembuatan benda uji :

(a) Menyiapkan gradasi agregat sesui dengan prosentase berat lolos saringan.

(b) Dengan kadar air optimum, dibuat kadar aspal emulsi dan kadar *filler* campuran dengan kadar aspal emulsi ditetapkan 8 %, 9 % ,10 %,11%,12% dan kadar *filler fly ash 4,6%.* Campuran dimasukan dalam panci pengaduk dicampur hingga homogen, lalu dipadatkan dalam cetakan sebanya 2 x 50 tumbukan.

(c) Setelah dipadatkan campuran dibiarkan didalam cetakan selama ± 24 jam dalam kondisi cetakan terbaring pada posisinya.

(d) Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dimasukan dalam oven bersuhu 40° + 1°C selama ± 24 jam, untuk campuran melalui proses *curring* seperti keadaan dilapangan.

(e) Benda uji dikeluarkan dari oven untuk *Dry Modified Marshall Stability Test* pada suhu 28° + 1°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 kelelehanya (*Flow*).

(f) 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 diambil sampel untuk uji kadar air pada saat pengujian.

Tabel 3.11 Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler fly ash 0%,* abu batu 4,6%.

(a) Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air : 2.555% + 5.73% + 0.8% = 9.085 %

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		Filler						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	7	70	5	57.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(b) Kadar Aspal : 8% ; kadar air : : 2.92% + 5.365% + 0.8% =9.085 %

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(c) Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : : 3.285% + 5% + 0.8% =9.085 %

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : : 3.65% + 4.635% + 0.8% =9.085 %

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P : pasir

(e) Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085 %

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	55	42.85	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(4). *Cold mix IV* / variasi kadar *filler* dan kadar aspal emulsi.

Pada *cold mix III* ini akan bervariasi kadar *filler fly ash* untuk mengetahui pengaruh jumlah *fly ash* terhadap campuran. Adapun variasi kadar *fly ash* yang digunakan adalah 0%, 1,6%, 4,6 %, 6,1 %, 7,6 % dan variasi kadar aspal emulsi 7%,8 %, 9 %, 10% dan 11 %. Untuk memperoleh gradasi yang diinginkan dengan berbagai kadar *filler* atau kadar emulsi seperti tersebut diatas digunakan berbagai gradasi yang telah ditetapkan dengan komposisi benda uji, cara melakukan pembuatan benda uji :

(a) Menyiapkan gradasi agregat sesaui dengan prosentase berat tertahan.

(b) Dengan kadar air optimum, dibuat kadar aspal emulsi dan kadar *filler* campuran dengan kadar aspal emulsi ditetapkan 7%,8 %, 9 % dan 10 %,11% dan kadar *fly ash* 0%, 1,6% , 4,6% , 6,1%, 7,6 %.

(c) Campuran dimasukan dalam panci pengaduk dicampur hingga komogen, lalu dipadatkan dalam cetakan sebanya 2 x 50 tumbukan.

(d) Setelah dipadatkan campuran dibiarkan didalam cetakan selama ± 24 jam dalam kondisi cetakan terbaring pada posisinya.

(e) Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dimasukan dalam oven bersuhu 40° + 1°C selama ± 24 jam, untuk campuran melalui proses *curring* seperti keadaan di lapangan.

(f) Benda uji dikeluarkan dari oven untuk *Dry Modified Marshall Stability Test* pada suhu 28° + 1°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 kelelahannya (*flow*).

(g) 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 mendaatkan atau menghitung *Bulk Specific Gravity*-nya. Segera setelah diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *Flow* diambil sampel untuk uji kadar air pada saat pengujian.

(h) Untuk benda uji dengan *filler fly ash* pengujian dilakukan setelah 14 hari.

Sedangkan komposisi kebutuhan agregat, aspal emulsi, air dan kadar *filler*, seperti disajikan pada tabel 3.12 sampai dengan tabel 3.16 sebagai berikut:

Tabel 3.12.Komposisi kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *fillerFly ash 0%*, Abu Batu 4,6%.

(a) Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air : 2.555% + 5.73% + 0.8 %=9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Filler	Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200									
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%			4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu							
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46		7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46		7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46		7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46		7	70	5	57.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(b) Kadar Aspal : 8% ;. Kadar Air : 2.92% + 5.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	8	80	5	53.8	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(c) Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : : 3.285% + 5.0% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	Gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	9	90	5	50.15	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.65% + 4.635% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	Gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	10	100	5	46.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(e) Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi										Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		Filler						
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%	%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)										2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	46	11	110	5	42.85	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

Tabel 3.13 Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *fillerFly Ash 1,6%, abu batu 3,0 %.*

(a) Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air :2.555% + 5.73% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	7	70	5	57.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	7	70	5	57.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(b) Kadar Aspal : 8% ; Kadar Air : 2.92% + 5.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8 "	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	8	80	5	53.8	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	8	80	5	53.8	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(c) Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : 3.285% + 5.0% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	9	90	5	50.15	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	9	90	5	50.15	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.65% + 4.635% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	10	100	5	46.5	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	10	100	5	46.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(e) Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9	11	110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9		110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9		110	5	42.85	2	20
50	250	200	139	11	159	66	56	23	30	13.9		110	5	42.85	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

Tabel 3.14 Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler fly ash 4,6%, abu batu 0%*

(a) Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air : 2.55% + 5.73% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	7	70	5	57.5	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	7	70	5	57.5	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	7	70	5	57.5	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	7	70	5	57.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(b) Kadar Aspal : 8% ; kadar Air : 2.92% + 5.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	8	80	5	53.8	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	8	80	5	53.8	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	8	80	5	53.8	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	8	80	5	53.8	2	20

(c) Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : 3.285% + 5.0% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	9	90	5	50.15	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	9	90	5	50.15	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	9	90	5	50.15	2	20
50	247	197	126	11	159	66	56	23	0	40.46	9	90	5	50.15	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.65% + 4.635% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	10	100	5	46.5	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	10	100	5	46.5	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	10	100	5	46.5	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	10	100	5	46.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(e) Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8	#4	#8		#50		#200		*Filler*							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		4,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	11	110	5	42.85	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	11	110	5	42.85	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	11	110	5	42.85	2	20
50	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	40.46	11	110	5	42.85	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

Tabel 3.15. Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler fly ash* 6,1%, abu batu 0%

(a). Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air : 2.55% + 5.73% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		6.1%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	7	70	5	57.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	7	70	5	57.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	7	70	5	57.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	7	70	5	57.5	2	20

(b). Kadar Aspal : 8% ; Kadar Air : 2.92% + 5.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20%	15%		22.5%		7,9%		6.1%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	8	80	5	53.8	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	8	80	5	53.8	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	8	80	5	53.8	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	8	80	5	53.8	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P : pasir

(c) Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : 3.285% + 4.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		6.1%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	9	90	5	50.15	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	9	90	5	50.15	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	9	90	5	50.15	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	9	90	5	50.15	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d) Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.65% + 4.635% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8	#4	#8		#50		#200		*Filler*							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		6.1%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	10	100	5	46.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	10	100	5	46.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	10	100	5	46.5	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	10	100	5	46.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(e) .Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		6.1%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	11	110	5	42.85	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	11	110	5	42.85	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	11	110	5	42.85	2	20
49	247	197	126	11	91.6	65	32.5	22.7	0	52.94	11	110	5	42.85	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

Tabel 3.15. Komposisi benda uji kebutuhan agregat, aspal emulsi, air untuk benda uji dengan kadar *filler fly ash* 7,6 %, abu batu 0%.

(a) Kadar Aspal : 7 % ; Kadar Air : 2.55% + 5.7% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		7.6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	7	70	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	7	70	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	7	70	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	7	70	5	57.5	2	20

(b) Kadar Aspal : 8% ; Kadar Air : 2.92% + 5.365% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		7,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	8	80	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	8	80	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	8	80	5	57.5	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	8	80	5	57.5	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(c). Kadar Aspal : 9% ; Kadar Air : 3.285% + 5.0% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		*Filler*							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		7,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	9	90	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	9	90	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	9	90	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	9	90	5	50	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

(d). Kadar Aspal : 10 % ; Kadar Air : 3.65% + 4.635% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		7,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	10	100	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	10	100	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	10	100	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	10	100	5	50	2	20

(e). Kadar Aspal : 11% ; Kadar Air : 4.015% + 4.27% + 0.8% = 9.085%

Kebutuhan aggregat menurut gradasi											Kadar Aspal Emulsi		Hasil Coating Test	Penambahan Air	Kadar air hilang Target	
¾"	3/8"	#4	#8		#50		#200		Filler							
5%	25%	20 %	15%		22.5%		7,9%		7,6%		%	gr	%	Gr	%	gr
1 (gr)											2	3	4	5	6	7
B	B	B	B	P	B	P	B	P	Abu batu	Fly ash						
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	11	110	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	11	110	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	11	110	5	50	2	20
48.5	242.5	194	124	11	90	64	30	22.3	0	65.96	11	110	5	50	2	20

Keterangan : B: batu pecah
P: pasir

P: pasir

(5) Pelaksanaan tes *Marshall*

Tes *Marshall* dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran CEBR pada pengujian *cold mix III* untuk mengetahui variasi kadar *filler* dan kadar aspal tiap model benda uji. Cara pengujian *Marshall* tiap benda uji mengacu pada standar AASHTO T 245 – 82, sebagai berikut :

(a) Benda uji diukur tinggi dan beratnya.

(b) Benda uji 2 (dua) disiapkan untuk *Dry Modified Marshall Stability Test* pada suhu 28° + 1°C (suhu ruang), 2 (dua) untuk direndam dalam bak separoh tinggi benda, uji selama 24 jam, kemudian benda uji dibalik pada sisi lainnya selama 24 jam, untuk persiapan *Soaked Modified Marshall Stabilitytest* setelah perendaman 2 x 24 jam, benda uji dikeluarkan dari bak air di lap permukaannya ditimbang.

(c) Kapala penekan *Marshall* dibersihkan dan permukaannya dilapisi degan vaseline atau oli untuk memudahkan dan melepas dan uji

(d) Benda uji diletakkan pada segmen dibawah kepala penekan. Segmen atas kepala penekan dimasukkan dalam batang penuntun, kemudian kepala penekan diletakan di atas mesin penguji.

(e) Arloji kelelhan (*flow meter*) dipasang pada kedudukan diatas salah satu batang penuntun.

(f) Kapala penekan beserta benda uji dinaikan sampai menyentuh alas cincin penguji dan diatur kedudukan jarum arloji pada angka nol.

(g) Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula di baca jarum arloji kelelehan.

(h) Setelah pembebanan selesai, segmen atas diangkat, dan benda uji diambil dari kepala penekan, dengan demikian benda uji dinyatakan selesai dalam pengujiannya.

(6) Pengujian Permeabilitas

Pelaksanaan tes permeabilitas dilakukan pada benda uji dengan kadar aspal optimum dengan urutan sebagai berikut:

a. Pemasangan bejana rembesan

Buka mur dan baut yang mengikat bejana rembesan. Letakan benda uji pada kedudukan yang benar pada alat uji, isi celah antara benda uji dengan bejana dengan rembesan dengan parafin atau sejenisnya, kemudian pasang kembali tutup bejana rembesan dan kencangkan baut pengikatnya.

b. Pengaliran air

Buka katup pengaliran dan lubang pembuangan udara , tuangkan air dari atas pipa yang terdapat diatas silinder sampai batas maksimum, kemudian tutup kembali setelah tidak terdapat gelembung udara.

c. Pengujian

Periksa dan catat ketinggian air dalam pipa ukur pada saat pengujian dimulai dan pada akhir pengujian. Dengan memperhatikan kecepatan penurunan permukaan air dalam pipa tersebut , maka koefisien permeabilitas dapat dihitung dengan rumus 3.13.

(7) Pengujian Deformasi dengan alat *Wheel Tracking*

Pengujian Wheel Tracking adalah merupakan suatu test simulasi dimana suatu roda yang berputar maju mundur diatas benda uji. Dimensi benda uji adalah 30cm x 30cm x 5cm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan karakteristik deformasi campuran yang diakibatkan oleh beban roda.

Pemadatan benda uji dilaksanakan sampai mencapai tingkat kepadatan *Marshall*, dalam rentang ± 1%. Pemadatan dilakukan pada suatu bidang kontak

sebesar 5,6 kg/cm2 dengan 75 kali lintasan. Setelah pemadatan, benda uji didiamkan pada suhu kamar selama lebih kurang 12 jam.

Empat benda uji dipersiapkan, dua benda uji masing–masing untuk filler Abu batu 4,6% dan dua benda uji untuk *filler Fly Ash 4,6%* (kadar *fly ash* optimum), sampel diambil pada kandungan aspal dan filler optimum. Sebelum pengujian *Wheel Tracking* dimulai,benda uji diletakkan dalan suhu ruang lebih dahulu didalam mesin *Wheel Tracking* pada temperatur 28 °C.

Pengujian dilakukan pada suatu tekanan bidang kontak roda pengujian 6,5 ± 0,15 kg/cm2 , sesuai dengan beban 8,16 ton pada sumbu tunggal roda ganda pada tekanan angin 4,895 kg/cm2, luas bidang kontak 837,66 cm2 dan jari-jari bidang kontak adalah 16 cm . Masing-masing benda uji menerima 1320 lintasan beban roda pada kecepatan 22 lintasan per menit.

3.5. Cara Analisis

1. *Density* dan *void analisis*

   Pada perhitungan *Density* dan *void analisis* menurut *The Asphalt Institute (MS – 14)* ada dua cara yaitu dengan cara benda uji diselimuti parafin (ASTM D.1188) dan kondisi benda uji jenuh air (*Saturated Surface Density/ SSD*) mengacu pada ASTM D.2726.

   a. Dengan parafin (lilin)

   (1) *Density* atau *dry bulk specific grvity* ; gr/cc (i)

   $$i = \frac{g(100+b)}{(100+b+h)} \quad \text{.......} \quad (3.3)$$

   dengan :

   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 diudara (gr)

f = Volume benda uji (cc).

$$h = (100+b)\left[\frac{massaair}{campuran\,\mathrm{ker}\,ing}\right]$$

2). f = (d - e) – (d - c)/μ

dengan :

c = berat benda uji di udara (gram)

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

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

μ = berta jenis lilin (gr/cc)

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

$$j = 100x\left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.4)$$

dengan :

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

s = berat jenis semu

rumus terkait :

UPT-PUSTAK-UNDIP

1. g = c/f

2. $h = (100 + b)\left[\frac{massaair}{campuran\,ker\,ing}\right]$

3. f = (d - e) – (d - c)/μ

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

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

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

f = Volume benda uji (cc).

μ = berat jenis lilin (gr/cc)

(3). Total rongga (k) ; %

$$k = 100x\left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s} - \frac{b}{A}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5)$$

dengan :

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

s = berat jenis semu

rumus terkait :

4. g= c/f

5. $h = (100 + b)\left[\frac{massaair}{campuran\,ker\,ing}\right]$

6. f = (d - e) – (d - c)/μ

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

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

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

f = Volume benda uji (cc).

μ = berat jenis lilin (gr/cc)

(4). Rongga udara (i), (%)

$$i = k - \left[\frac{hx100}{bjair}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.6)$$

Keterangan::

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

k = total rongga (%)

rumus terkait :

7. g = c/f
8. $h = (100+b)\left[\frac{\text{massa air}}{\text{campuran kering}}\right]$
9. $f = (d - e) - (d - c)/\mu$

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

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

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

f = Volume benda uji (cc).

μ = berat jenis lilin (gr/cc)

5. Penyerapan air atau *Water Absorption* (n) ; %

$$n = \frac{m-c}{c} x100\% \quad \text{.....(3.7)}$$

dengan :

n = penyerapan air (%)

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

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

b. Dengan kondisi SSD (tanpa parafin)

(1) *Density a*tau *dry bulk specific grvity* ; gr/cc (i)

$$i = \frac{g(100+b)}{(100+b+h)} \quad \text{.....(3.8)}$$

dengan :

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 diudara (gr)

f = Volume benda uji (cc).

2) $h = (100+b)\left[\frac{massaair}{campuran\,\text{ker}\,ing}\right]$

3) f= (d – e)

Keterangan:

c = berat benda uji di udara (gram)

d = berat benda uji SSD (gram)

e = berat benda uji dalam air (gram)

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

$$j = 100x\left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.9)$$

Keterangan:

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

s = berat jenis semu

rumus terkait :

1). g = c/f

2). $h = (100+b)\left[\frac{massaair}{campuran\,\text{ker}\,ing}\right]$

3). f= (d – e)

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

d = berat benda uji SSD (gram)

e = berat benda uji dalam air (gram)

f = Volume benda uji (cc).

(3).Total rongga (k) ; %

$$K = 100x\left[\frac{100+b+h}{g} - \frac{100}{s} - \frac{b}{A}\right] / \left[\frac{100+b+h}{g}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.10)$$

Keterangan:

b = kadar aspal dalam campuran (%)

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

s = berat jenis semu

rumus terkait :

1). g = c/f

2). $h = (100 + b)\left[\frac{massaair}{campuran\,\mathrm{ker}\,ing}\right]$

3).f = (d – e)

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

d = berat benda uji SSD (gram)

e = berat benda uji dalam air (gram)

f = Volume benda uji (cc).

(4). Rongga udara (I), (%)

$$I = K - \left[\frac{hx100}{bjair}\right] / \left[\frac{100 + b + h}{g}\right] \quad \text{.....(3.11)}$$

dengan :

g = *Bulk specific gravity* (gr/cc)

b = kadar aspal dalam campuran (%)

h = kadar air hasil pemeriksaan (%)

k = total rongga (%)

rumus terkait :

1). g = c/f

2). $h = (100 + b)\left[\frac{massaair}{campuran\,\mathrm{ker}\,ing}\right]$

3). f= (d – e)

Keterangan:

Keterangan:

c = Berat benda uji diudara (gr)

d = berat benda uji SSD (gram)

e = berat benda uji dalam air (gram)

f = Volume benda uji (cc).

(5). Penyerapan air atau *Water Absorption* (n) ; %

$$n = \frac{m-c}{c} x100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.12)$$

Keterangan:

n = penyerapan air (%)

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

c = berat benda uji diudara (gr)

2.Uji *Marshall*

a. Stabilitas (q) ; kg

$$q = k \times p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.13)$$

dengan :

p = nilai stabilitas terpakai (Kg)

k = angka koreksi volume / tebal benda uji

q = nilai stabilitas setelah dikalibrasi (kg)

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

$$s = \frac{Sb}{Sk} x100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.14)$$

dengan :

s = Stabilitas sisa (%)

Sb = Stabilitas basah / *Soaked Modified Marshall Stability* (kg)

Sk = Stabilitas kering / *Dry ModifiedMarshall Stability* (kg)

3.Uji permeabilitas (k') ; cm/det

$$k' = 2{,}3\frac{aL}{At}\log\frac{ho}{h1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.15)$$

Keterangan:

k' = koefisien impermeabilitas (cm/detik)

t = waktu yang tercatat (detik)

A = luas penampang melintang benda uji (cm^2)

L = tebal benda uji (cm)

ho= tinggi permukaan air dalam pipa pada saat pengujian dimulai (cm)

h1= tinggi permukaan air dalam pipa pada saat pengujian berakhir(cm)

4. Uji Deformasi

Formula yang digunakan pada *Wheel Tracking*

Kecepatan Deformasi:

RD = (D60 - D45) / (t60 – t45) (mm/min) ……..(3.16)

Stabilitas Dinamis:

DS = 660 / (D60 – D45) (lintasan /mm) …… .(3.17)

dimana:

D45 = Deformasi pada menit ke 45 (mm)

D60 = Deformasi pada menit ke 60 (mm)

t45 = 45 menit

t60 = 60 menit

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik CEBR tipe III

Persyaratan dan hasil pemeriksaan mutu bahan dapat dilihat pada tabel 4.1 sampai dengan Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil rerata pemeriksaan Aspal Emulsi Kationik CSS-1

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1.	*Water content* (%)	%	–	36.5
2.	Pengendapan 1 hari (%)	%	0 – 1	0.8
3.	Pengendapan 5 hari (%)	%	0 – 5	4.2
4.	*Viscosity SF*, 25°C	detik	20 – 100	33 s
5.	*Homogenity by sieving* (%)	%	0 – 0,1%	0.01
6.	*Residue from evaporation test* (%)	%	min 57	62.5
7.	*Perticle Charge*	-	positif	positif
8.	*Residue Penetration*	(0.1 mm)	100 – 250	135
9.	*Residue Ductility*	cm	min 40	> 140

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan. Mesin Los Angeles	%	Maks. 40	16.93
2.	Kelekatan agregat terhadap aspal	%	Min. 90	95
3.	Penyerapan agregat terhadap air	%	Maks. 3	2.170
4.	Berat jenis semu	gr/cc	Min. 2,5	2.777
5.	Berat jenis kering oven	gr/cc	Min. 2,5	2.612

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1.	Nilai *sand equivalent*	%	Min. 50	90
2.	Penyerapan agregat terhadap air	%	Maks. 3	1.461
3.	Berat jenis semu	gr/cc	Min. 2,5	2.821
4.	Berat jenis kering oven	gr/cc`	Min. 2,5	2.668

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan *Filler*

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1.	Berat Jenis *filler* debu batu	gr/cc	-	2.650
2.	Berat Jenis *filler fly ash*	gr/cc	-	2.331

Dari hasil pemeriksaan bahan seperti tersebut diatas 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.Gradasi agregat disesuaikan dengan hasil analisa saringan agregat dari Banjaran, Jawa Barat.

a. Pengujian *Cold Mix I* (coating test)

Setelah pemeriksaan mutu bahan karakteristik CEBR tipe III dinyatakan memenuhi persyaratan, selanjutnya dimulai pengujian *Cold Mix I* (coating tes), ini merupakan penilai 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, hasil uji seperti tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil pengujian *coating* untuk *filler fly ash*

Berat agr (gr)	Kadar aspal Emulsi (%)	Lama Pencampuran (dt)	Waktu Penguapan (jam)	Penambahan Air (%)	Kadar Air Emulsi (%)	Kadar Air Agregat (%)	Total Air Dalam Campuran (%)	Besar Penyelimutan (Coating) (%)
1200	9	60	15	1	3.285	0.8	5.085	45
1200	9	60	15	2	3.285	0.8	6.085	55
1200	9	60	15	3	3.285	0.8	7.085	65
1200	9	60	15	4	3.285	0.8	8.085	70
1200	9	60	15	5	3.285	0.8	9.085	80

Dari hasil hasil *coating test* untuk kadar aspal 9%,perlu penambahan air 5% sehingga total air pada campuran sebesar 9,085% dengan tingkat penyelimutan sebesar 80%>75% (minimal), uji *cold mix* selanjutnya menggunakan kadar air sesuai dengan hasil tersebut.

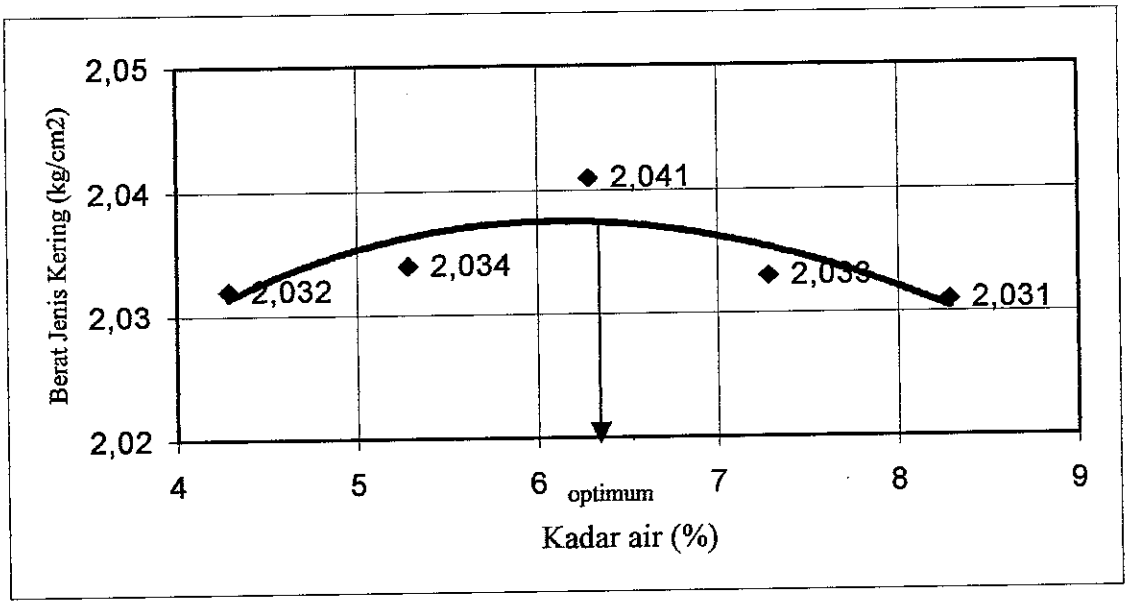
b. Pengujian *Cold mix II* (kadar air optimum pemadatan)

Pengujian kadar air optimum pemadatan adalah untuk menentukan kebutuhan air optimum yang menghasilkan kerapatan *(density)* tertinggi pada CEBR, adapun hasil pengujian kadar air optimum, adalah sebagagi berikut :

Sesuai rencana telah dibuat benda uji dengan 5 (lima) variasi, dengan penguapan air mulai dari 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Hasil uji terdapat pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Perhitungan Kadar Air optimum Pemadatan *Filler fly Ash*

Kadar air Coating	Kadar Air Hilang Target	Kadar Air Dalam Emulsi	Kadar air	Berat Benda Uji			Volume Benda Uji	Bj Bulk Basah	Kadar air saat pengujian	Bj Bulk kering
			(A +C – B)	diudara	+ Lilin di udara	+ Lilin di air	(F – G)-(F – E)/μ	E/H		$\frac{I(100-b)}{100+b+J}$
(%)	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cc)	(gr/c)	(%)	(gr/cc)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
5	0	3.285	8.285	1221.8	1266.3	635.4	580.9	2.103	3.51	2.035
5	0	3.285	8.285	1223.4	1265.4	633.5	588.5	2.080	3.31	2.028
										2.032
5	1	3.285	7.25	1196.0	1231.2	618.6	573.05	2.087	2.88	2.032
5	1	3.285	7.25	1210.7	1254.5	627.8	577.49	2.096	3.126	2.036
										2.034
5	2	3.285	6.285	1225.6	1265.8	634.5	586.13	2.091	3.08	2.032
5	2	3.285	6.285	1223.3	1268.5	638.5	579.21	2.112	2.955	2.050
										2.041
5	3	3.285	5.285	1222.1	1256.5	633.3	581.08	2.099	2.85	2.044
5	3	3.285	5.285	1213.2	1249.8	624.2	584.48	2.076	2.86	2.021
										2.0325
5	4	3.285	4.285	1218.8	1249.9	630.2	584.76	2.08	2.96	2.027
5	4	3.285	4.285	1219.9	1252.5	632.4	583.4	2.09	2.88	2.035
										2.031



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara Kadar air pemadatan dengan Berat jenis kering *(Dry Bulk Spesific Grafity)*

Dari hasil pengujian *Cold mix II* pada tabel 4.6 dan gambar 4.1, didapat kadar air optimum pemadatan pada Berat jenis kering *(Dry Bulk Spesific Grafity)* maksimum 2,041kg/cc yaitu pada kadar air pemadatan 6,285% dengan penguapan sebesar 2%.

c. Pengujian *Cold mix III* (Kadar Aspal Optimum) .

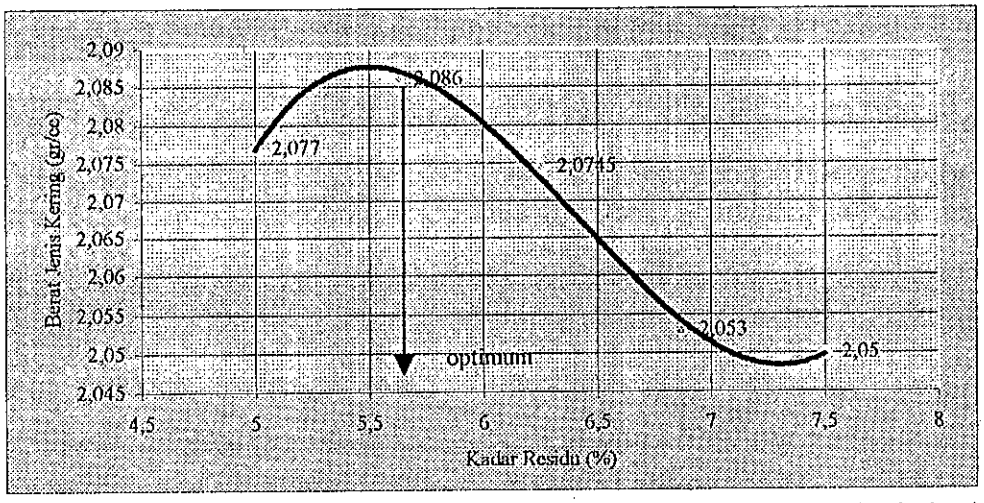
Untuk menentukan kadar aspal optimum pada CEBR, digunakan kadar air pemadatan yang telah ditetapkan pada *cold mix II*, kebutuhan agregat , kadar filler dan variasi kadar aspal emulsi sama dengan perencanaan *cold mix II*. Perhitungan bahan susun benda uji dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.7 Persyaratan Sifat Marshall CEBR tipe III

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

Tabel 4.8 Hasil test Marshall pada Kadar Fly Ash 4,6%

No	Karakteristik DGEM	Kadar Aspal Emulsi/Residu (%)				
		8/5.0	9/5.625	10/6.25	11/6.875	12/7.50
1	Kadar Air (%)	1.875	2.123	2.482	2.437	2.606
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.114	2.128	2.098	2.1219	2.107
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.077	**2.0860**	2.0745	2.053	2.0502
4	VMA (%)	24.62	24.74	26.464	28.026	27.713
5	Total Rongga (%)	14.928	13.851	14.645	12.95	13.19
6	Rongga Udara (%)	11.218	9.66	9.85	8.219	7.827
7	Absorpsi (%)	0.64	0.974	1.475	0.925	1.028
8	Stabilitas kering (kg)	872.05	810.42	600.37	566.28	
9	Stabilitas Rendaman (kg)	715.04	693.6	566.1	552.6	488.1
10	Stabilitas Sisa (%)	81.99	85.58	94.29	97.58	117.66
11	Flow (mm)	3.50	3.45	3.23	34.40	4.73



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara Kadar residu dengan Berat jenis kering *(Dry Bulk Spesific Grafity)*

Dari tabel 4.7 ada empat parameter pengujian yang disyaratkan menurut Spesifikasi khusus Bina Marga 1991. Dari persyaratan tersebut ditentukan kadar residu aspal optimum pada berat jenis kering *(Dry Bulk Spesific Grafity)* maksimum 2,086kg/cc yaitu pada kadar aspal emulsi optimum sebesar 9% (kadar residu sebesar 5,625%). Selanjudnya kadar aspal optimum ini akan dipakai sebagai dasar untuk tahap pengujian *Job Mix Formula.*

d. Pengujian *Cold mix IV* (Job Mix Formula)

Pada *Cold mix IV* ini akan divariasikan kadar *filler Fly Ash* untuk mengetahui pengaruh jumlah *filler* terhadap campuran. Adapun varisi kadar *filler Fly Ash* yang digunakan adalah 0%, 1,6%, 4,6%, 6,1%, 7,6% dan variasi kadar aspal emulsi 7%, 8%, 9%, 10% dan 11%. Untuk memperoleh gradasi yang diinginkan dengan berbagai kadar *filler* dan kadar aspal emulsi seperti tersebut diatas digunakan gradasi hasil kombinasi gabungan agregat seperti tercantum pada tabel 3.4. Cara melakukan adalah sebagai berikut :

Hasil pengujian seperti pada tabel 4.10 sampai dengan tabel 4.14, yang menggambarkan hubungan kadar aspal residu yaitu kadar mineral aspal yang

terkandung dalam aspal emulsi, 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	Total Rongga	5 –10%
2	Stabilitas Rendaman	>300 kg
3	Stabilitas Sisa	>50%
4	Penyerapan Air	<4%

Tabel 4.10 Hasil test Marshall pada Kadar aspal residu 4,375%

No	Karakteristik DGEM	Kadar *Fly Ash* (%)				
		0	1,6	4,6	6,1	7,6
1	Kadar Air (%)	1.423	1.468	1.284	4.170	1.435
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.111	2.083	2.126	2.111	2.115
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.082	2.053	2.0997	2.028	2.086
4	VMA (%)	22.335	23.408	21.639	24.360	22.191
5	Total Rongga (%)	18.033	19.14	17.380	20.164	17.837
6	Rongga Udara (%)	15.135	16.174	14.739	11.878	14.907
7	Absorpsi (%)	1.1665	1.2213	1.210	1.170	0.6873
8	Stabilitas kering (kg)	1208.4	1166.6	1067.1	836.6	1084.4
9	Stabilitas Rendaman (kg)	993.91	887.44	757.29	586.6	914.46
10	Stabilitas Sisa (%)	82.25	76.07	757.29	70.085	84.332
11	Flow (mm)	3.03	3.03	3.20	3.25	3.65

Tabel 4.11 Hasil test Marshall pada Kadar aspal residu 5,00 %

No	Karakteristik DGEM	Kadar *Fly Ash* (%)				
		0	1,6	4,6	6,1	7,6
1	Kadar Air (%)	1.597	1.771	1.084	1.917	1.387
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.120	2.099	2.1235	2.110	2.1232
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.088	2.0629	2.1013	2.072	2.095
4	VMA (%)	22.341	23.249	21.833	22.921	22.063
5	Total Rongga (%)	17.468	18.454	16.909	18.112	17.191
6	Rongga Udara (%)	14.216	14.885	14.693	14.239	14.353
7	Absorpsi (%)	1.0290	1.1656	1.1682	1.1039	0.680
8	Stabilitas kering (kg)	1194.1	893.73	1023	816.92	1040.5
9	Stabilitas Rendaman (kg)	1001.1	743.64	798.22	713.27	943.85
10	Stabilitas Sisa (%)	83.832	83.206	78.025	87.313	90.713
11	Flow (mm)	3.35	3.98	3.45	3.25	3.68

Tabel 4.12 Hasil test Marshall pada Kadar aspal residu 5.625 %

No	Karakteristik DGEM	Kadar Fly Ash (%)				
		0	1,6	4,6	6,1	7,6
1	Kadar Air (%)	1.588	1.518	1.122	1.341	1.436
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.123	2.103	2.137	2.116	2.126
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.091	**2.072**	2.114	2.088	2.097
4	(VMA) (%)	22.447	23.128	21.584	22.557	22.224
5	Total Rongga (%)	17.002	17.74	16.067	17.063	16.745
6	Rongga Udara (%)	13.774	14.678	13.766	14.314	13.816
7	Absorpsi (%)	0.9234	1.093	1.0536	0.990	0.6406
8	Stabilitas kering (kg)	1034.3	859.62	872.35	736.82	772.24
9	Stabilitas Rendaman (kg)	907.38	757.16	850.9	657.05	726.91
10	Stabilitas Sisa (%)	87.728	88.080	97.541	89.174	94.130
11	Flow (mm)	3.28	3.68	3.60	3.68	3.70

Tabel 4.13 Hasil test Marshall pada Kadar aspal residu 6,250 %

No	Karakteristik DGEM	Kadar Fly Ash (%)				
		0	1,6	4,6	6,1	7,6
1	Kadar Air (%)	2.5394	1.614	1.266	2.160	1.557
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.140	2.0994	2.110	2.097	2.124
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.088	**2.067**	2.085	2.054	2.092
4	VMA (%)	22.767	23.543	22.893	24.055	22.628
5	Total Rongga (%)	16.717	17.586	16.897	18.109	16.558
6	Rongga Udara (%)	11.562	14.349	14.339	13.805	13.395
7	Absorpsi (%)	0.948	0.840	0.876	0.831	0.590
8	Stabilitas kering (kg)	993.91	757.29	750.46	661.77	678.17
9	Stabilitas Rendaman (kg)	871.17	689.06	692.15	607.19	661.77
10	Stabilitas Sisa (%)	87.65	90.99	92.23	91.75	99.58
11	Flow (mm)	3.73	4.35	4.33	3.7	4.15

Tabel 4.14 Hasil test Marshall pada Kadar aspal residu 6,875 %

No	Karakteristik DGEM	Kadar Fly Ash (%)				
		0	1,6	4,6	6,1	7,6
1	Kadar Air (%)	0.742	1.613	1.282	2.021	1.689
2	Kerapatan basah (gr/cc)	2.096	2.075	2.0889	2.070	2.102
3	Kerapatan Kering (gr/cc)	2.081	2.0435	2.063	2.031	2.068
4	VMA (%)	23.242	24.652	23.902	25.108	23.734
5	Total Rongga (%)	16.665	18.151	17.391	18.681	17.210
6	Rongga Udara (%)	15.181	14.970	14.833	14.713	13.831
7	Absorpsi (%)	0.805	0.715	0.684	0.760	0.552
8	Stabilitas kering (kg)	755.19	736.82	668.6	551.05	375.08
9	Stabilitas Rendaman (kg)	688.80	717.66	648.13	511.65	566.26
10	Stabilitas Sisa (%)	91.209	97.400	96.939	92.850	98.810
11	Flow (mm)	3.98	5.33	4.60	3.73	4.48

5 Pengujian Permebilitas untuk CEBR tipe III

Dalam pengujian permeabilitas ini bahan susun benda uji diambil dari *job mix formula* untuk kadar aspal optimum dan kadar *filler* optimum. Pengujian ini didasarkan persamaan 2.12, dengan hasil perhitungan untuk masing- masing benda uji, tercantum pada table 4.15.

Tabel 4.15. Nilai Koefisien permeabilitas pada kadar aspal dan kadar *filler* optimum.

No.	*Filler (%)*		Koef. Permeabilitas (cm/det)		Hasil Rerata (cm/dt)
	Fly Ash	Abu Batu	A	B	
1	0	4.6	0.00053	0.000296	0.000413
2	4.6	0	0.00026	0.000211	0.000236

6. Pengujian Deformasi dengan Wheel Tracking.

Dari hasil pengujian *Wheel Tracking* diperoleh deformasi permanen yang dipengaruhi oleh waktu, seperti pada tabel 4.11. sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil Uji Deformasi dengan *Wheel Tracking* .

Filler	Nilai		
	Kecepatan Deformasi (mm/menit)	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)	Deformasi Permanen (mm)
Fly ash (4,6%)	0.0060	7000	1.34
Fly ash (4,6%)	0.0040	10500	1.22
Rerata	0.0050	8750	1.28
Abu Batu (4,6%)	0.0073	5727	0.66
Abu Batu (4,6%)	0.0067	6300	0.53
Rerata	0.0070	60135	0.595

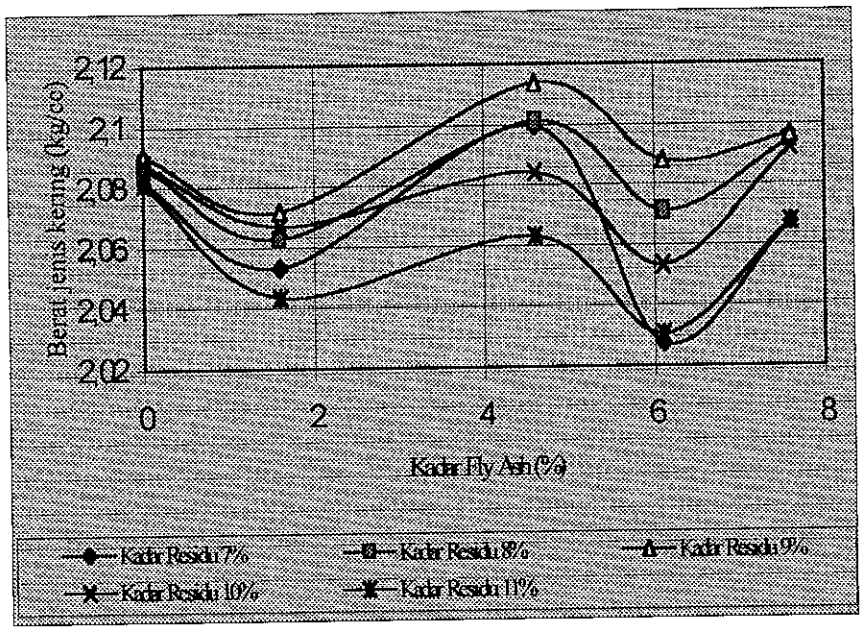
4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh kadar *Filler* terhadap kerapatan *(density)*

Kerapatan campuran *(density)* menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Makin tinggi nilai kerapatan berati campuran tersebut

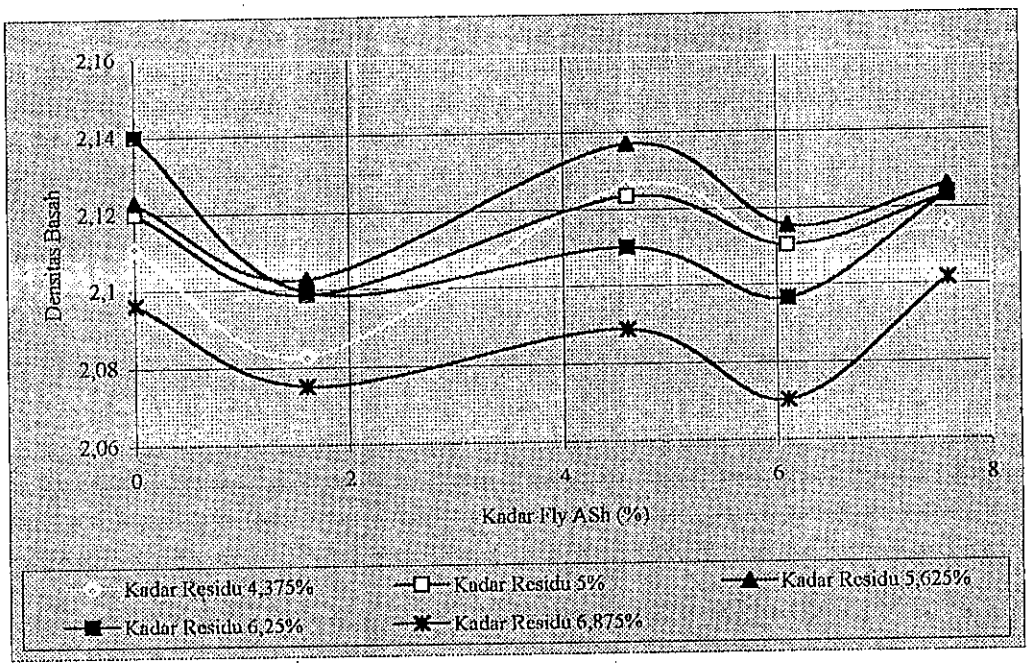
makin padat. Campuran yang mempunyai kerapatan yang tinggi akan memiliki kekuatan menahan beban lalu lintas lebih tinggi daripada campuran yang kerapatannya rendah.

Nilai *density* (kerapatan) yang dihasilkan pada penelitian ini, mencakup kerapatan basah yaitu berat volume benda uji basah, dan kerapatan kering yaitu berat volume benda uji kering untuk masing-masing kadar *filler fly ash* dan abu batu pada variasi kadar aspal residu.



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.3. Grafik hubungan antara kadar filler dengan berat jenis kering *(Dry Bulk Spesific Grafity)*



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.4. Grafik hubungan antara kadar filler dengan Berat jenis basah *(Spesific Grafity)*

Pada gambar 4.4 diatas terlihat bahwa semakin meningkatnya kadar *filler*, maka nilai kerapatan baik basah maupun kering cenderung meningkat sampai batas optimum dan kemudian menurun untuk semua kadar aspal residu. *Filler* berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar partikel (*interparticle friction*) dalam campuran agregat, dengan bertambahnya kadar *filler* berarti jumlah bahan pengisi menjadi semakin banyak pula rongga-rongga yang terbentuk. Semakin banyak bahan pengisi diberikan semakin banyak pula rongga-rongga yang terisi, sehingga kerapatan/kerapatan campuran menjadi semakin tinggi sampai batas optimum, yang kemudian akan menurun, karena bahan pengisi yang terlalu banyak akan berakibat kurang menguntungkan terhadap kerapatan campuran.

Penurunan nilai kerapatan setelah melampaui batas optimum, dapat terjadi karena semakin banyak butiran pengisi yang harus diselimuti oleh aspal residu,

sehingga aspal residu bebas semakin berkurang. Hal ini akan mengakibatkan aspal residu bebas yang seharusnya menempati sebagian rongga menjadi berkurang, sedangkan dengan terlalu banyaknya *filler* membuat proses pemadatan tidak belangsung sempurna. Disamping itu dengan adanya *filler* yang terlalu banyak dengan kandungan silika yang tinggi seperti *fly ash*,membuat aspal emulsi dengan cepat terserap ke dalam *filler* daripada terserap oleh agregat, yang kemudian mengalami proses breaking yang dipercepat, sehingga sebagian aspal residu yang terlanjur selesai berikatan dengan butiran cenderung mempertahankan diri untuk tetap melekat pada keadaan butirannya semula (*setting*). Akibatnya, terjadi rongga-rongga udara dalam campuran tidak dapat dihindarkan.

Nilai kerapatan kering masksimum untuk CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Nilai Kerapatan Maksimum pada *Filler Fly ash* dan Abu batu

Kadar *filler(%)*		Nilai Densiitas Maksimum (gr/cc)	Kadar Aspal residu (%)
Fly Ash	*Abu Batu*		
0	4.6	**2.0906**	5.625
1.6	3	2.0721	5.625
4.6	0	**2.1139**	5.625
6.1	0	2.0882	5.625
7.6	0	2.0968	5.625

Dari tabel di atas dapat dilihat nilai kerapatan maksimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar 4,6% dengan kadar aspal residu 5,625 %, lebih tinggi dari abu batu.

Dalam spesifikasi khusus Bina marga dan *The Asphalt Institute MS-19*, untukCampuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tidak ada persyaratan khusus mengenai nilai kerapatan. Nilai kerapatan dipergunakan untuk persyaratan teknis lapangan yaitu kepadatan rata-rata lapis perkerasan yang telah selesai tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium.

4.2.2 Pengaruh Kadar *Filler* terhadap Total rongga

Nilai total rongga dan menunjukkan banyak sedikitnya rongga yang terdapat dalam campuran, dinyatakan dalam persen rongga dari volume campuran total. Nilai total rongga tersebut berpengaruh terhadap impermeabilitas (kekedapan) campuran terhadap udara dan air. Nilai yang tinggi dari 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 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 total rongga 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 ke permukaan, akibatnya permukaan jalan menjadi licin, sehingga berbahaya bagi pengguna lalu lintas.

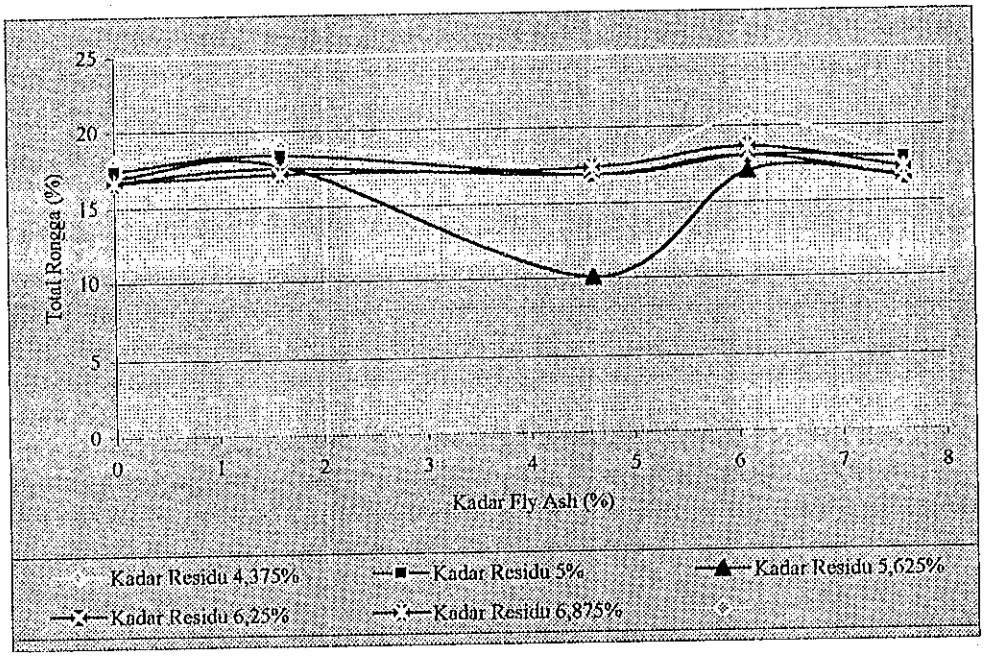
Dari karakteristik CEBR tipe III dengan menggunakan *filler fly ash* yang dihasilkan pada penelitian ini untuk Nilai Total rongga yang diteliti kriteria yang diminta sesuai specifikasi khusus Bina Marga (1991) tidak terpenuhi, dengan nilai total rongga antara 5 – 10 %, yang pada *The Asphalt Institute MS-19(1979)* maupun *The Asphalt Institute MS-14(1990)* tidak disyaratkan. Menurut penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Prasarana Jalan (1998), nilai total rongga dapat dicapai

setelah lapis perkerasan CEBR tersebut dilalui lalu-lintas. Begitu pula bila dilihat dari hasil kadar air penyelimutan (*Cold mix I*) untuk *filler* yang diteliti hanya berkisar ± 80%, hal ini berarti ada permukaan agregat yang tidak terselimuti aspal residu, bila agregat ini saling bersentuhan kemungkinan timbulnya rongga menjadi besar.

Besarnya nilai rongga yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. diantaranya karena CEBR disusun dari beberapa komponen agregat, aspal emulsi dan tambahan air. Pada aspal emulsi ada unsur air sebagai bahan penyusunnya, dengan proporsi sampai 40%. Selain berguna untuk meningkatkan *workability,* air juga berfungsi membantu penyelimutan pada saat pelaksanaan pencampuran.Setelah pemadatan dan *setting* terjadi, air yang berasal dari emulsi, air untuk penyelimutan dan 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 I*) untuk *filler* yang diteliti hanya berkisar ± 80%, 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 total rongga yang berlawanan dengan nilai kerapatan. Pengaruh kadar *filler* dan variasi kadar aspal dalam campuran terhadap nilai total rongga dapat dilihat pada gambar 4.5



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.5. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dengan Total Rongga

Pada gambar 4.5. terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya kadar *fly ash* dalam campuran sampai batas optimum, menunjukkan rongga yang terjadi semakin kecil hal ini disebabkan karena *filler* mampu mengisi rongga yang terjadi. Penurunan nilai rongga terjadi pada kadar *filler* yang terlalu banyak. Dengan adanya *filler* yang terlalu banyak membuat aspal emulsi cepat terserap oleh *filler* daripada ke agregat, yang kemudian mengalami proses *breaking* yang dipercepat, yaitu proses pecahnya *emulsifer* yang merupakan penyeimbang konsistensi aspal dengan air, sehingga sebagian aspal residu yang terlanjur selesai berikatan dengan butiran cenderung mempertahankan diri untuk tetap melekat pada keadaan butirannya semula (*setting*). Sehingga pemadatan tidak dapat sempurna yang menyebabkan terjadinya rongga-rongga udara dalam campuran tidak dapat dihindarkan.

Dari gambar diatas juga dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya kadar aspal, nilai rongga semakin bekurang, penurunan nilai rongga ini disebakan karena rongga

yang ada pada campuran akan terisi oleh aspal residu. Jika kadar aspal residu, mengakibatkan nilai rongga menjadi besar dan sebalinya untuk kadar aspal residu yang besar akan mengakibatkan nilai rongga menjadi kecil ini berlangsung sampai batas optimum dari kadara aspal residunya. Penurunan nilai rongga dapat terjadi karena semakin banyak butiran pengisi yang harus diselimuti oleh aspal residu, sehingga aspal residu bebas semakin berkurang. Hal ini akan mengakibatkan aspal residu bebas yang seharusnya menempati sebagian rongga menjadi berkurang.

Nilai total rongga untuk karakteristik CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.14 untuk *fly ash*.

Tabel 4.14. Nilai Total rongga dengan Kadar *Fly Ash* dan Abu Batu

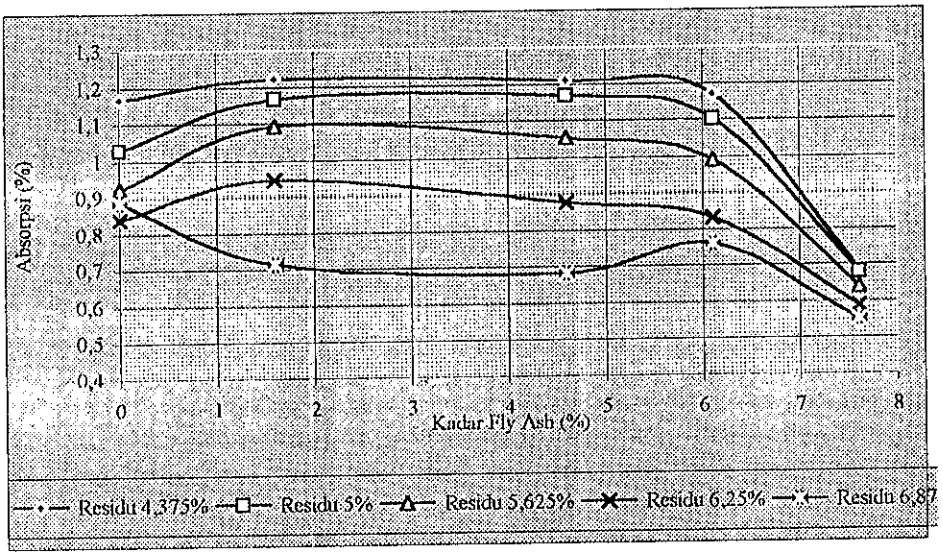
Kadar *filler (%)*		Nilai rongga (%)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	Rongga Min.	Rongga Maks.
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	16.67	18.03	6.875	4.375
1.6	3	17.59	19.14	6.25	4.375
4.6	0	16.07	17.38	5.625	4.875
6.1	0	17.06	20.16	5.625	4.375
7.6	0	6.56	17.84	6.875	4.375

4.2.3 Pengaruh Kadar *Filler* terhadap Penyerapan Air

Tingkat penyelimutan aspal residu terhadap agregat dan porositas agregat penyusun sangat mempengaruhi, jumlah penyerapan air (absorbsi) oleh campuran (telah dipadatkan). Dan dengan adanya rongga yang besar berarti campuran tersebut kurang kedap terhadap air, dimungkinkan air terserap ke dalam campuran menjadi besar pula. Bila terlihat dari hasil penyelimutan aspal residu terhadap agregat yang hanya disyaratkan > 75%, hal ini berarti tingkat penyelimutan residu aspal tidak begitu baik. Agregat yang tidak seluruhnya terselimuti dengan sempurna oleh residu aspal akan mudah menyerap air.

Bina Marga memberikan persyaratan untuk tingkat penyerapan air maksimum 4%, nilai penyerapan yang semakin kecil akan lebih baik. Karena penyerapan air yang besar akan dapat merusak kelekatan antara agregat dengan aspal.

Variasi kadar *filler* dan kadar aspal residu dalam campuran akan memeberikan tingkat kadar air maupun penyerapan air yang bervariasi pula. Grafik hubungan antara kadar *filler* dengan penyerapan air (absorpsi) dapat dilihat pada gambar 4.6.



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.6. Grafik hubungan antara kadar *filler* dengan penyerapan air (absorpsi)

Penyerapan campuran terhadap air dipengaruhi oleh kadar aspal residu dan kadar *filler*. Penyerapan air menurun dengan bertambahnya aspal residu, untuk campuran yang mempunyai tingkat penyelimutan yang hampir sama, dengan komposisi prosentase air untuk pemadatan juga sama, serta air target yang dihilangkan sebelum dipadatkan juga mempunyai prosentase yang sama. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan peningkatan jumlah kadar *filler*, penyerapan campuran terhadap air berkurang.

Nilai penyerapan air (absorbsi) untuk karakteristik CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Nilai penyerapan air dengan *Filler Fly ash*

Kadar *filler (%)*		Penyerapan Air (%)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	Penyerapan Minimum	Penyerapan Maksimum
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	0.804	1.166	6.250	4.375
1.6	3	0.714	1.221	6.875	4.375
4.6	0	0.684	1.210	6.875	4.375
6.1	0	0.760	1.170	6.275	4.375
7.6	0	0.552	0.687	6.875	4.375

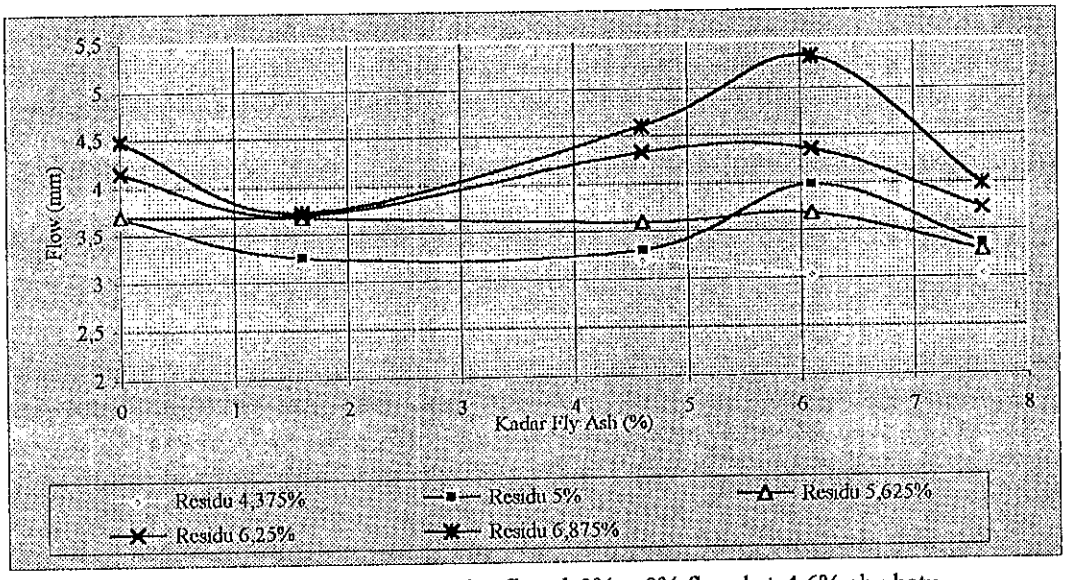
Dari tabel diatas dapat dilihat nilai penyerapan air minimum untuk *filler fly ash* dicapai kadar *filler* 7,6% dengan kadar aspal residu 6,875% dan nilai penyerapan air maksimum untuk *Filler Fly Ash* dicapai pada kadar *4,6*% dengan kadar aspal residu 4,375%. Nilai penyerapan air (absorpsi), untuk kedua *filler* tersebut diatas dapat diterima sesuai dengan spesifikasi yang ada.

4.2.4.Pengaruh Kadar *filler* terhadap Kelelehan plastis (*flow*)

Nilai kelelehan plastis (*flow*) merupakan 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 lintas.

UPT-PUSTAK-UNDIP



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.7. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dengan *flow*

Gambar 4.7 menunjukan hubungan kadar *fly ash* dan kadar aspal residu terhadap *flow*, terlihat bahwa dengan penambahan kada *filler* dari 4,6% sampai dengan 6,1% terjadi kenaikan nilai *flow* dan kemudian terjadi penurunan pada kadar *filler* 6,1%.Hal ini terjadi karena kandungan mineral silika yang banyak terdapat pada *fly ash,* bersama dengan aspal residu membentuk *mastic asphalt* dengan viskositas yang memadai, sehingga menaikkan nilai *flow* dan campuran menjadi lebih plastis. Tetapi kadar *filler* yang terlalu tinggi akan banyak menyerap air dengan cepat, yang digunakan untuk keperluan proses *breaking*, akibatnya nilai *flow* akan mengecil dan campuran menjadi lebih kaku.

Nilai Kelelehan plastis (*flow*) untuk karakterisitik CEBR tipe III masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Nilai Kelelehan plastis dengan *filler fly ash*

Kadar *filler (%)*		*Flow* (mm)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	*Flow* Minimum	*Flow* Maksimum.
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	3.02	3.08	4.375	5.00
1.6	3	3.03	5.33	4.375	6.875
4.6	0	3.20	4.6	5.625	5.625
6.1	0	3.25	3.7	4.375	6.875
7.6	0	3.65	3.7	4.375	6.875

Nilai *flow* minimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar *filler* 4,6% dengan kadar aspal residu 5,625% dengan nilai 3,3 mm dan nilai *flow* minimum untuk *filler* abu batu dicapai pada nilai 3,025 mm dengan kadar aspal residu 6,875%. Nilai Kelelehan plastis (*flow*) tersebut untuk karakteristik CEBR tidak dipersyaraktkan secara khusus baik pada spesifikasi dari Bina marga maupun pada *The Asphalt Institute MS-19*, akan tetapi nilai *flow* yang terlalu kecil 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.

4.2.5.Pengaruh Kadar *Filler* terhadap Stabilitas

Stabilitas adalah suatu kemampuan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja diatasnya mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang , alur (*rutting*), dan *bleeding*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak, sebaiknya nilai stabilitas yang terlalu rendah menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami distorsi, ini berarti nilai stabilitas berpengaruh terhadap flkesibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan, dimana nilai stabilitas naik akan menurunkan nilai fleksibilitasnya dan sebaliknya.

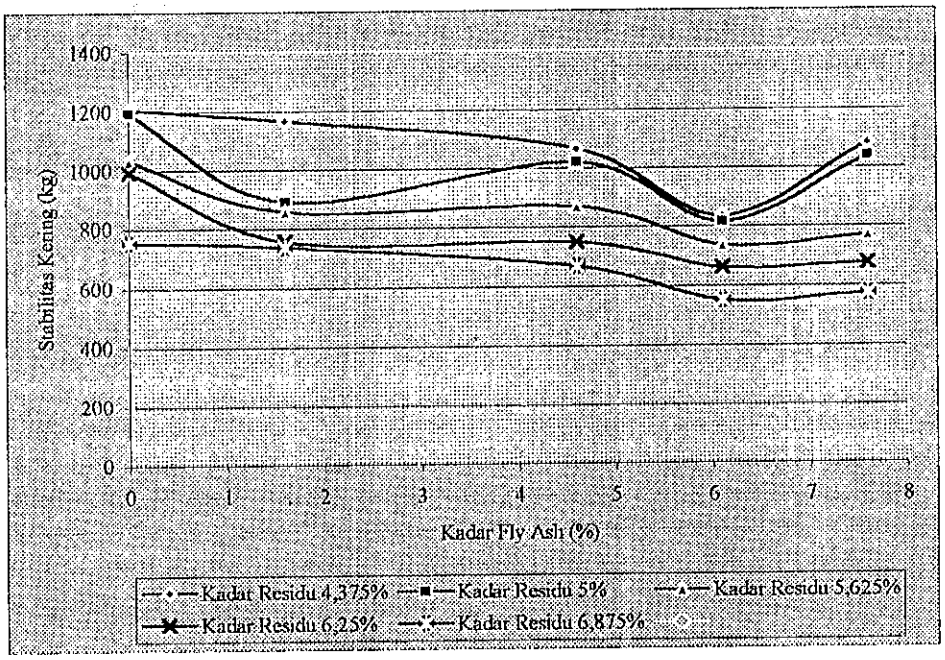
Stabilitas terjadi dari hasil gaya gesek antara butiran, saling mengunci (*interlocking*) antar agregat dan daya ikat (kohesi) yang baik dari aspal residu. Dengan mengusahakan penggunaan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat dengan permukaan yang kasar, berbentuk kubus, aspal residu dengan penetrasi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

a. Pengaruh Kadar*Filler* terhadap stabilitas kering

Apabila aspal residu yang berada dalam campuran relatif sedikit, hal ini berakibat residu aspal yang menyelimuti agregat menjadi cukup tipis, sehingga aspal residu tidak menjadi bidang licin bagi agregatnya. Bila aspal residu yang berada dalam campuran semakin sedikit, hal ini berakibat aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis, sehingga aspal residu tidak menjadi bidang licin bagi agregat. Dengan kata lain, agregat satu sama lain mampu saling mengunci, sehingga stabilitas yang dihasilkan akan meningkat. Ini semua pada keadaan yang optimum setelah melewati batas optimum stabilitas campuran justru akan menurunkan stabilitas itu sendiri.

Demikian pula halnya dengan penambahan *filler*, hal ini berarti aspal resiud yang berada dalam campuran akan berkurang disebabkan terserap dalam *filler*, sehingga aspal resdiu bebas diantara agregat satu sama lain mampu saling mengunci, sehingga stabilitas yang dihasilkan akan meningkat. Ini semua pada keadaan yang optimum setelah melewati batas optimum stabilitas campurani justru akan menurunkan stabilitas itu sendiri.

Gambar grafik hubungan antara kadar *filler* dengan stabilitas kering dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.8. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dengan stabilitas kering

Nilai stabilitas kering untuk karakteristik CEBR tipe III dari masing-masing *filler* dapat dilihat pada tabel 4.21 sebagai berikut:

Tabel 4.21 Nilai stabilitas kering dengan *filler fly ash*

Kadar *filler (%)*		NilaiStabilitas Kering (kg/cc)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	Stabilitas Kering Minimum	Stabilitas Kering Maksimum
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	755.19	1208.6	6.875	4.375
1.6	3	1166.6	736.8	6.875	4.375
4.6	0	668.6	1667.1	6.875	4.375
6.1	0	551.1	836.6	6.875	4.375
7.6	0	573.1	1136.7	6.875	4.375

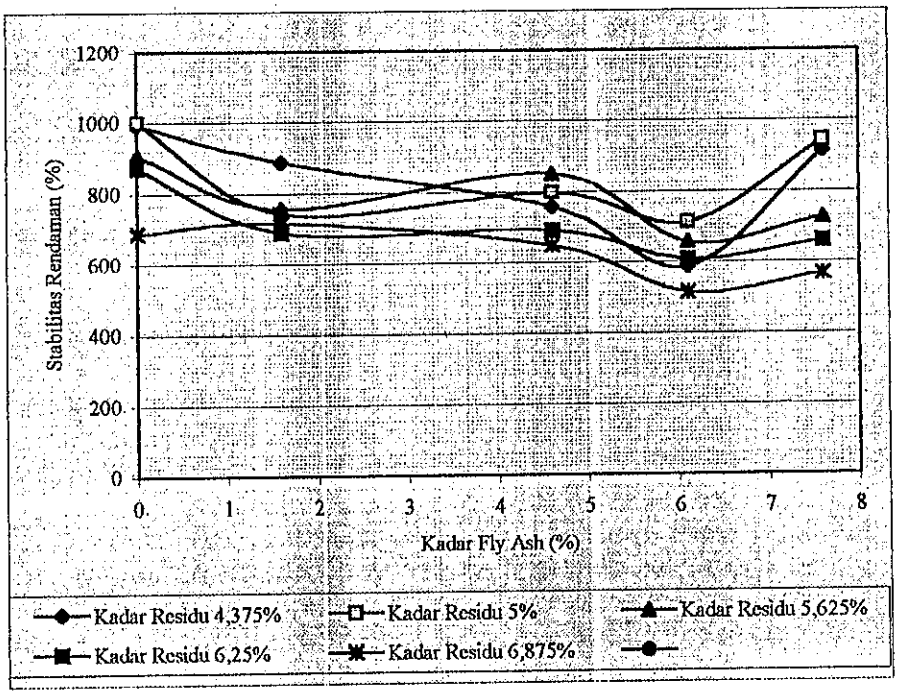
Nilai stabilitas kering minimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar *filler* 4,6% dengan kadar aspal residu 4,375% dan nilai stabilitas kering maksimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar *filler* 6,1% dengan kadar aspal residu 6,875%.

Nilai Stabilitas kering untuk karakteristik CEBR tidak disyaratkan 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.

b. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas Rendaman

Stabilitas rendaman dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan lapis perkerasan menahan beban lalu lintas dengan asumsi adanya gangguan air yang terus menerus. Akibat perendaman air yang terus menerus aspal yang telah melekat pada agregat dimungkinkan akan tergusur oleh air atau lepas. Dengan terlepasnya sebagian aspal dari permukaan agregat dan diselimutinya agregat oleh air, kekompakan dari kelompok agregat menjadi berkurang, sehingga akan mengurangi stabilitas dari lapis perkerasan. Dengan adanya penambahan *filler*, rongga yang ada dalam campuran menjadi berkurang, juga air terserap dalam *filler* sehingga pengaruh air juga berkurang karenanya. Dengan demikian kemungkinan air untuk menggusur aspal residu juga berkurang, berakibat nilai stabilitas rendaman meningkat sampai batas optimum, tetapi dengan penambahan *filler* yang berlebihan, emngakibatkan tingkat penyelimutan dari aspal residu berkurang. Hal ini berarti bahwa permukaan aspal residu yang terganggu air juga menjadi lebih banyak, sehingga kemungkinan tergusurnya aspal residu dari permukaan agregatpun makin besar yang mengakibatkan nilai stabilitas rendaman makin turun.



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.9. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dengan stabilitas rendaman.

Nilai stabilitas rendaman untuk karakteristik CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Nilai stabilitas basah dengan *filler fly ash*

Kadar *filler (%)*		Stabilitas Rendaman (kg/cc)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	Stabilitas Basah Minimum	Stabilitas Basah Maksimum
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	566.26	914	6.875	4.375
1.6	3	511	713.3	6.875	5.00
4.6	0	618	850	6.875	5.625
6.1	0	619	887	6.25	5.625
7.6	0	628.8	1001.1	6.875	5.00

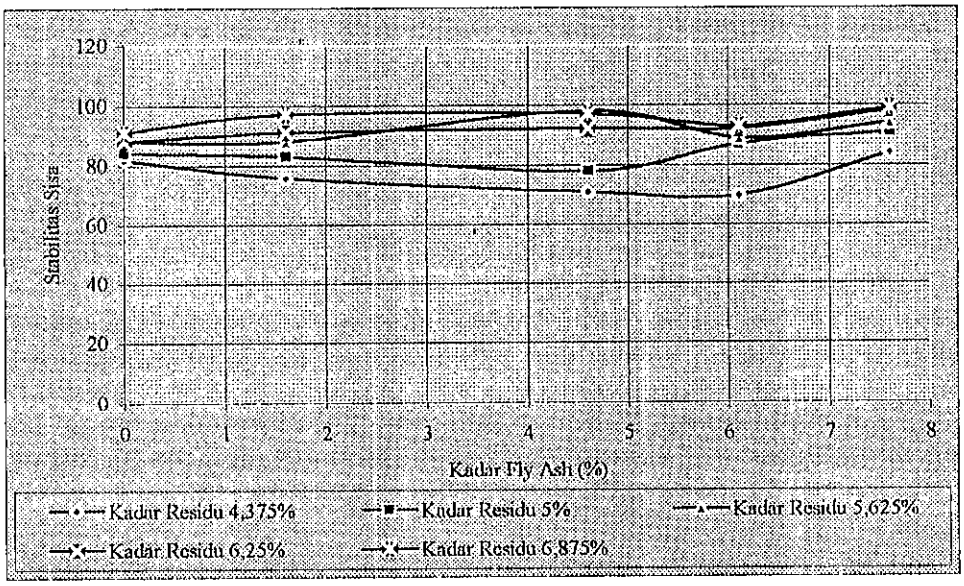
Nilai stabilitas rendaman minimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar 4,6% dengan kadar aspal residu 6,875% dan nilai stabilitas rendaman maksimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar *filler* 7,6% dengan kadar aspal residu 5,0%. Nilai stabilitas rendaman untuk karakteristik CEBR dipersyaratkan secara khusus pada spesfikasi dari Bina Marga 1991, persyaratan nilai spesifikasi khusus Bina marga 1991 dengan nilai lebih besar dari 300 kg. Dari tabel diatas terlihat semua kadar *filler* dan semua kadar

aspal residu memenuhi persyaratan. hal ini menunjukkan bahwa campuran cukup mampu untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja diatasnya.

c. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Stabilitas Sisa

Stabilitas sisa *(remained 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 di dapat pada campuran yang rapat, padat, dan kedap air. Oleh karena itu RS mempunyai hubungan yang erat dengan nilai total rongga, kerapatan, nilai koefisien permeabilitas, tingkat penyelimutan aspal dan porositas agregat.

Untuk campuran dengan kadar aspal residu yang sedikit, stabilitas kering yang dihasilkan baik. Karena adanya sifat saling kunci antar agregat, tetapi stabilitas rendaman berkurang karena gangguan air semakin bertambah, sehingga nilai Stabilitas Sisa kecil. Pengaruh kadar *filler* dan kadar aspal residu terhadap Stabilitas Sisa dapat dilihat pada gambar 4.10. untuk hubungan kadar *filler* dan kadar aspal residu.



Keterangan:- Kadar *fly ash* 0% = 0% fly ash + 4,6% abu batu
- Kadar *fly ash* 1.6% = 1.6% fly ash + 3% abu batu

Gambar 4.10. Grafik hubungan antara kadar fly ash dengan stabilitas sisa.

Nilai stabilitas sisa untuk karakteristik DGEM tipe III masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.19

Tabel 4.19. Nilai stabilitas sisa dengan *Filler Fly ash*

Kadar *filler (%)*		Stabilitas sisa (%)		Kadar aspal residu (%) pada	
		Minimum	Maksimum	Stabilitas Sisa Min.	Stabilitas Sisa Maks.
Fly Ash	Abu Batu				
0	4.6	82	91	4.375	6.875
1.6	3	76	97	4.375	6.875
4.6	0	71	97	4.375	6.875
6.1	0	70	92	4.375	6.875
7.6	0	84.33	99	4.375	6.875

Nilai stabilitas sisa minimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kada *filler 6,1%* dengan kadar aspal residu 4,375% dan nilai stabilitas sisa maksimum untuk *filler fly ash* dicapai pada kadar *filler* 4,6% dengan kadar aspal residu 6,875%. Nilai stabilitas sisa untuk karakteritik CEBR disyaratkan secara khusus pada spesifikasi dari Bina Marga (1991) dengan nilai lebih besar dari 50%. Dari tabel 4.19 terlihat bahwa semua kadar *filler* dan kadar aspal residu memenuhi persyaratan, hal ini menunjukkan bahwa campuran cukup mampu untuk menahan deformasi akibat beban lalulintas yang bekerja diatasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap.

4.2.6. Pengaruh Kadar *Filler* Terhadap Nilai Koefisien Permebilitas

Permeabilitas merupakan sifat yang menunjukkan kemampuan material untuk dilalui atau dirembesi oleh air atau zat cair lainnya melalui hubungan antar pori, salah satu ukuran untuk menilai permeabilitas adalah besarnya koefisien permeabilitas.

Koefisien permeabilitas yang tinggi menunjukan lapis perkerasan akan peka terhadap pergerakan udara dan air di dalam lapis perkerasan yang mengakibatkan oksidasi dan evaporasi aspal residu, akibatnya lapis perkerasan akan memiliki nilai durabilitas yang rendah.

Nilai koefisien permeabilitas untuk karakteristik CEBR tipe III dari masing-masing kadar *filler* dapat dilihat pada tabel 4.24

Tabel 4.24. Nilai Koefisien permeabilitas pada kadar aspal optimum untuk kadar *filler* optimum.

No.	*Filler (%)*		Koef. Permeabilitas (cm/det)		Hasil Rerata (cm/dt)
	Fly Ash	Abu Batu	A	B	
1	0	4.6	0.00053	0.000296	0.000413
2	4.6	0	0.00026	0.000211	0.000236

Nilai koefisien permeabilitas untuk karakteristik CEBR tidak disyaratkan secara khusus pada spesifikasi dari Bina Marga (1991), maupun pada *The Asphalt Institute MS-19*. Dari tabel diatas terlihat pada kadar *filler* dan pada kadar residu optimum cukup baik cukup mampu untuk menahan pergerakan air dan udara di dalam lapis perkerasan, sehingga lapis perkerasan akan mempunyai nilai keawetan (durabiltas) yang cukup baik.

4.2.7. Pengaruh *Filler* terhadap nilai Uji deformasi.

Tabel 4.25 Hasil Uji Deformasi dengan *Wheel Tracking* .

Filler	Nilai		
	Kecepatan Deformasi (mm/menit)	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)	Deformasi Permanen (mm)
Fly ash (4,6%)	0.0060	7000	1.34
Fly ash (4,6%)	0.0040	10500	1.22
Rerata	0.0050	8750	1.28
Abu Batu (4,6%)	0.0073	5727	0.66
Abu Batu (4,6%)	0.0067	6300	0.53
Rerata	0.0070	60135	0.595

Hasil uji deformasi dengan *Wheel Tracking Machine* menunjukan bahwa kecepatan deformasi CEBR tipe III dengan filler *fly ash* lebih kecil dan stabilitas dinamis lebih baik jika dibanding dengan *filler* abu batu.

Dari deformasi permanen yang diperoleh, dengan mempergunakan formula Yoder and Witczak (1975) dimana :

$$\text{Defleksi (inch) } \Delta = \frac{P(1+\mu)a}{E1}\left(\frac{z}{a}A + (1-\mu)*H\right)$$

Keterangan: A = total tebal lapisan perkerasan (inch)

μ = *poisson ratio*

P = beban terbagi rata dengan bentuk lingkaran (tapak roda) (psi)

a = jari-jari tapak roda (inch)

Z = kedalaman (inch)

r = jarak radial dari beban titik (inch)

E1 = modulus elastisitas perkerasan

H , A = nilai dari tabel Yoder

Dari tabel Yoder untuk *one layer function values* diperoleh nilai

A = 1,0

H = 2,0

Maka kekuatan elastis dapat dihitung seperti pada tabel berikut:

Filler Fly Ash 4,6%	Deformasi Permanen	Modulus Elastisitas
1	1.34	6269
2	1.22	6886
Rerata		6577
Filler Abu batu 4,6%		
1	0.66	12728
2	0.53	15850
Rerata		14290

4.3 Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi

Dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan hasil yang memenuhi persyaratan karakteristik CEBR tipe III yaitu : kadar air, kerapatan basah, kerapatan kering, rongga dalam agregat (VMA), total rongga, rongga udara, absorpsi, *flow*, stabilitas kering, stabilitas rendaman, stabilitas sisa, dan koefisien permeabilitas

menurut spesifikasi khusus Bina Marga 1991 dan *The Asphalt Institute MS-19 1979* adalah sebagai berikut ini :

Tabel 4.26 Hasil *test Marshall* dengan spesifikasi Bina Marga 1991

Karakteristik CEBR	Kadar residu aspal	Kadar *filler (%)*				
		Fly Ash 0	Fly Ash 1,6	Fly Ash 4,6	Fly Ash 6,1	Fly Ash 7,6
		Abu batu 4,6	Abu batu 3	Abu batu 0	Abu batu 0	Abu batu 0
Total rongga 5% - 10%	4.375% 5.00% 5.625% 6.25% 6.875%					
Stabilitas rendaman > 300 kg	4.375% 5.00% 5.625% 6.25% 6.875%					
Stabilitas sisa > 50%	4.375% 5.00% 5.625% 6.25% 6.875%					
Absorpsi < 4%	4.375% 5.00% 5.625% 6.25% 6.875%					

Tabel 4.27 Perbandingan hasil uji *cold mix I, filler fly ash* dengan abu batu.

Filler	Kadar *filler* (%)	Kadar air (%)	*Hasil Coating* (%)	Syarat (%)
Fly Ash	4.6	9.085	82	> 75
Abu Batu	4.6	9.085	80	>75

Tabel 4.28 Perbandingan hasil uji *cold mix II, filler fly ash* dengan abu batu.

Filler	Kadar *filler* (%)	Jumlah Air Menguap (%)	Kadar air optimum (%)	Kadar air Campuran (%)	BJ Bulk Kering (%)
Fly Ash	4.6	2	5	9.085	2.1139
Abu Batu	4.6	2	5	9.085	2.0906

Tabel 4.29 Perbandingan hasil uji *cold mixIII,*(hasil uji tes kerapatan dan *void analisis*) *filler fly ash* dengan abu batu.

Kadar Aspal (%)	Filler Fly Ash			Filler Abu Batu		
	Kerapatan (gr/cc)	Total Rongga (%)	Absorpsi (%)	Kerapatan (gr/cc)	Total Rongga (%)	Absorpsi (%)
4.375	2.0997	17.38	1.210	2.0818	18.033	1.1665
5.00	2.1013	16.909	1.1682	2.0875	17.468	1.029
5.625	2.1139	16.067	1.0536	2.0906	17.002	0.9234
6.25	2.0845	16.897	0.8759	2.0883	16.717	0.8396
6.875	2.0633	17.391	0.780	2.0812	16.665	0.8051

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan seperti yang telah disampaikan dimuka, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa, kadar *filler* optimum untuk abu batu maupun *fly ash* sebesar 4.6% pada kadar residu 5.625% dengan karakteristik sebagai berikut :

a. Nilai kerapatan (*density)* campuran untuk *filler fly ash* maupun *filler* abu batu akan semakin meningkat sampai batas optimum, kemudian menurun dengan semakin bertambahnya kadar *filler*. Dari hasil penelitian didapat bahwa nilai kerapatan pada *filler fly ash* (2.1134 gr/cc) lebih tinggi dari *filler* abu batu (2.0906 gr/cc).
b. Semakin banyak butiran *filler* membuat proses pemadatan tidak berlangsung sempurna. Nilai total rongga minimum dicapai pada kadar *filler fly ash* optimum. Nilai total rongga dengan *filler fly ash* (16.067%) lebih rendah dari *filler* abu batu (16.665%).
c. Nilai penyerapan air *(apsorbsi)* minimum untuk *filler fly ash* pada kondisi optimum sebesar 1.0536 %, *filler* abu batu sebesar 0.9274 %. Nilai dibawah persyaratan spesifikasi yang ada (<4%).
d. Nilai kelelehan plastis (*flow*) ditunjukan oleh besarnya deformasi vertikal bahan susun yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun, akibat menahan beban yang diterimanya. 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 lintas. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kelelehan berkisar antara 3 mm - 5 mm. Untuk *filler fly ash* (3.60 mm) maupun abu batu (3.28 mm).
e. Stabilitas kering akan menurun pada peningkatan kadar residu dalam campuran, karena penyelimutan aspal residu terhadap agregat semakin tebal sehingga akan

melicinkan gesekan antar agregat. Nilai stabilitas kering dengan *filler fly ash* (872,35 kg) sedikit lebih rendah dari *filler* abu batu (1034,3kg).

f. Stabilitas rendeman akan meningkat karena dengan adanya penambahan *filler*, rongga dalam campuran menjadi berkurang. Dengan demikian kemungkinan air untuk menggusur aspal residu juga berkurang. Tetapi dengan penambahan *filler* yang berlebihan, mengakibatkan tingkat penyelimutan dari aspal residu berkurang, sehingga kemungkinan tergusurnya aspal residu dari permukaan agregatpun makin besar yang mengakibatkan nilai stabilitas rendaman makin turun. Nilai stabilitas rendaman dengan *filler fly ash* (850,9kg) lebih rendah dari *filler* abu batu (907,4 kg).

g. Stabilitas sisa *(remained stability, RS)* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas rendaman terhadap nilai stabilitas kering, makin tinggi nilai RS berarti gangguan air terhadap nilai stabilitas campuran menjadi semakin stabil. Nilai RS yang tinggi didapat pada campuran yang rapat dan padat sehingga kedap air. Nilai stabilitas sisa dengan *filler fly ash* (97.54%) lebih tinggi dari *filler* abu batu (87,72%). Dari hasil tersebut dapat diartikan bahwa *filler fly ash* lebih tahan terhadap pengaruh rendaman air dibandingkan dengan abu batu sebagai *filler* standar pada CEBR tipe III.

h. Dari hasil penelitian didapat nilai koefisien permeabilitas dengan *filler fly ash* (0.000236 cm/dt) lebih rendah dari *filler* abu batu (0.000413 cm/dt). Atau dengan kata lain CEBR dengan menggunakan *fly ash* sebagai *filler* lebih kedap dan akan mempunyai nilai durabilitas lebih tinggi jika dibanding dengan menggunakan abu batu. Nilai koefisien permeabilitas cukup baik, keduanya termasuk klasifikasi *poor drainage.*

i. Hasil percobaan *Wheel Tracking* menunjukan bahwa besarnya deformasi vertikal dan stabilitas dinamis yang terjadi pada bahan susun *filler fly ash* (0.0050 mm/menit) lebih baik dari pada *filler* abu batu (0.0070 mm/menit). Nilai kecepatan deformasi yang rendah menunjukkan bahwa campuran cenderung bersifat *rigid*/kaku dan sebaliknya

nilai kecepatan deformasi yang tinggi menunjukkan bahwa campuran bersifat plastis/lentur dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas.

Sesuai dengan latar belakang dan tujuan penelitian, dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa *fly ash* dapat untuk menggantikan abu batu sebagai *filler*, bahkan pada beberapa parameter, penggunaan *fly ash* sebagai *filler* pada Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tipe III menunjukan hasil yang lebih baik dibandingkan abu batu.

5.2. Saran

1 Disarankan tidak menggunakkan kadar *filler* terlalu jauh dari nilai tengah spesifikasi (spesifikasi Bina Marga 1991 kadar *filler* untuk CEBR tipe III 2% - 8%).

2 Agar diperoleh stabilitas yang lebih tinggi, disarankan agar digunakan jenis aspal emulsi tipe CSS-1h pada Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) , karena aspal emulsi jenis ini mempunyai penetrasi lebih rendah dibanding CSS – 1.

3 Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan *filler fly ash* yang dikombinasikan dengan *portland cement* (PC) tipe I atau *ordinary portland cement* (OPC) Karena *fly ash* bersifat pozolan yang akan lebih reaktif apabila bereaksi dengan air semen.

4 Pada daerah-daerah khusus seperti pada wilayah Pantura dimana lapis perkerasan konstruksi jalannya sering terendam air laut, akibat pasang naik dari laut selalu membuat dilema bagi lapis perkerasan, untuk itu perlu diadakan penelitian dengan perendaman selama 2 x 24 jam menggunakan air laut pada *Modified Marshall test*, pada Campuran Emulsi Bergragasi Rapat (CEBR).

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO, (1982), *Standard Specifications for Transportation Material and Methods of Sampling sand Testing, Part I, Specifications 13th Edition, page 10-80, Washington DC.*
2. Ahmad Munawar, (2000), *Pengamatan Dan Pengambilan Data,* Simposium III, Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FTSP), Yogyakarta.
3. Bagus Priyatno, (2000), *Pengaruh Gypsum Sintesis ($CaSO_42H_2O$) Dan Portland Cement Sebagai Bahan Filler Terhadap Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (DGEM),* Program Pasca Sarjana, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
4. Cabrera.J.G. dan Zoorob,SE.,(1999), Performance and Durability of Bituminous Materials and Hydraulic Stabillised Composites, *Proceeding of the Third European Symposium*, Leeds, UK.
5. Departemen Pekerjaan Umum , (1991), *Spesifikasi Khusus* (Suplemen buku 3), untuk Campuran Aspal Emulsi, Ditjend Bina Marga Jakarta.
6. Departemen Pekerjaan Umum, (1997), *Bahan Pembekalan Pejabat Inti Proyek Perencanaan Campuran Aspal* , Ditjend Bina Marga Jakarta.
7. Dukatz E.L., Anderson ,D.A, (1978), The Effec of Various Filler on The Mechanical Behavior of Asphalt and Asphaltic Concrete, *Proseeding AAPT,* volume 40.
8. HEUKELOM and WIJGA PWO, (1973), *BitumenTesting An. Introduction to the use of test Method, at the use of test Method, at the KoninkLijke/Shell Laboratorium, Amsterdam.*
9. Iriansyah A.S dan Hermadi M., (1996), *Penelitian Karakteristik dan Kinerja Campuran Aspal Emulsi,* Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan Bandung.
10. Kerb, D.R., dan Walker, D.R., (1971), *Highway Material, MC.* Graw-Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute, USA.
11. Martens E.W dan Borgfeldt M.J., (1985), *Cationic Asphalt Emulsion*, California Research Corporation, California.
12. Shell Bitumen, (1991), *The Shell Bitumen Handbook,* UK. Eas Molesey Surrey.
13. Shirley L Hendarsin, (2000), *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung, Jurusan Teknik Sipil, Bandung.
14. Silvia Sukirman, (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya* , Nova, Bandung.

15. Suparma, L.B., (1997), *Measurement of water and Gas Permeability of Bitumenous Mixes*, Institute of Trasport Studies The University of Leeds, England.
16. Suyono Sosrodarsono, (1987), *Bendung Tipe Urugan*, Pradya Paramita, Jakarta.
17. The Asphalt Institute, (1979), *A Basic Asphalt Emulsion Manual*, Manual Series (MS) No.19, Second Edition, Maryland, USA.
18. The Asphalt Institute, (1990), *Asphalt Cold Mix Manual*, Manual Series (MS) No.14, Third Edition, Maryland, USA.