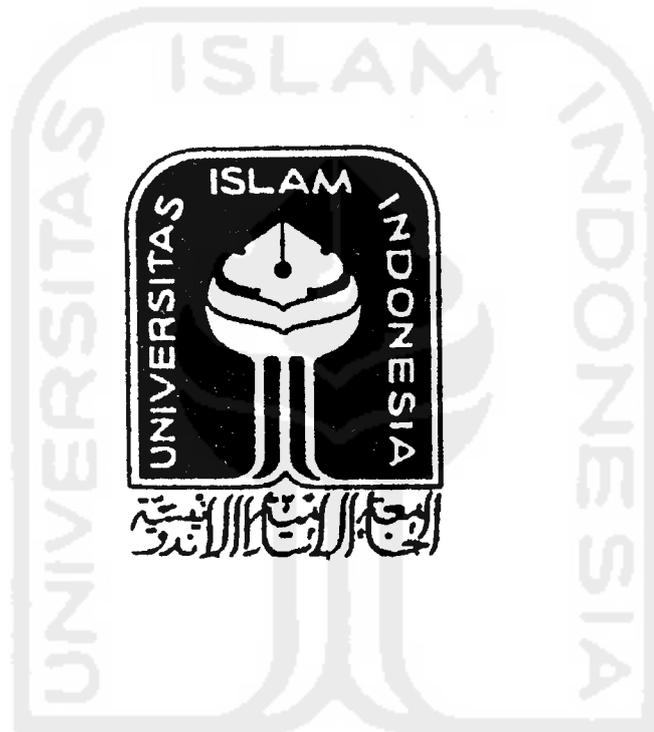


**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PEMANASAN ULANG
TERHADAP PERILAKU CAMPURAN
SPLIT MASTIC ASPHALT GRADING 0/11
DENGAN ALAT UJI MARSHALL**



disusun oleh :
Erwin Nurpatria Krisna
No. Mhs. 89 310 089
Retno Indrawati
No. Mhs. 87 310 153

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996**

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PEMANASAN ULANG
TERHADAP PERILAKU CAMPURAN
SPLIT MASTIC ASPHALT GRADING 0/11
DENGAN ALAT UJI MARSHALL**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Oleh :

**Nama : Erwin Nurpatria Krisna
No. Mhs. : 89 310 089
Nama : Retno Indrawati
No. Mhs. : 87 310 153**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996**

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH PEMANASAN ULANG
TERHADAP PERILAKU CAMPURAN
SPLIT MASTIC ASPHALT GRADING 0/11
DENGAN ALAT UJI MARSHALL**



Nama : Erwin Nurpatricia Krisna
No. Mhs. : 89 310 089
Nama : Retno Indrawati
No. Mhs : 87 310 153

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Djoko Murwono, MSc.

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Bachnas, MSc.

Dosen Pembimbing II

Tanggal 01-11-96

Tanggal 20-11-96

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH PEMANASAN ULANG
TERHADAP PERILAKU CAMPURAN
SPLIT MASTIC ASPHALT GRADING 0/11
DENGAN ALAT UJI MARSHALL**

**TELAH DIPERTAHANKAN PADA
SIDANG PENDADARAN TINGKAT SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
PADA TANGGAL 08 OKTOBER 1996**

TIM PENGUJI :

TANDA TANGAN

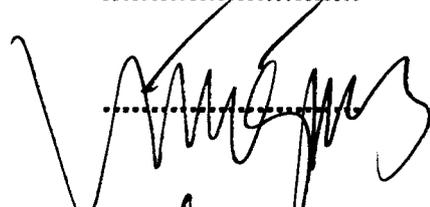
Ketua : Ir. Djoko Murwono, MSc.


..... 1/11 96

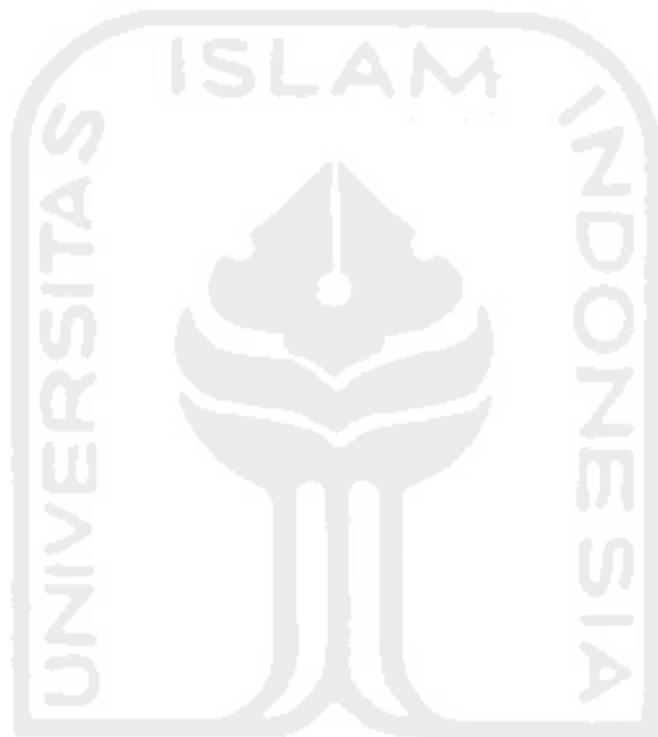
Anggota : Ir. H. Bachnas, MSc.


.....

Ir. Moch. Sigit DS., MS.


.....
26/10/96

HALAMAN PERSEMBAHAN



Kupersembahkan Buat :

Bapak Ibu.

Adik-adikku.

Kohasibku.

Teman dan Para Sahabat.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian Laboratorium “PENGARUH PEMANASAN ULANG TERHADAP PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT GRADING 0/11 DENGAN ALAT UJI MARSHALL”.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan suatu syarat bagi mahasiswa tingkat akhir untuk mendapatkan gelar sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, SU., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.

3. Bapak Ir. Djoko Murwono, MSc., selaku Dosen Pembimbing I pada Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc., selaku Dosen Pembimbing II pada Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Subarkah., selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya FTSP UII.
6. Saudara Syamsudin dan Sukanto, selaku Staf Laboratorium Jalan Raya FTSP UII.
7. Semua Pihak yang telah membantu hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Semoga amal baik yang telah diberikan mendapat balasan berkah dari Allah SWT.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 1996

Penyusun

INTISARI
“Pengaruh Pemanasan Ulang
Terhadap Perilaku Campuran Split Mastic Asphalt Grading 0/11
Dengan Alat Uji Marshall”

Perkembangan teknologi transportasi khususnya yang menyangkut lapis permukaan jalan dituntut untuk memenuhi tiga kriteria yaitu aman, nyaman dan ekonomis.

Penggunaan campuran SMA + S sebagai lapis permukaan dinilai oleh para ahli mempunyai banyak kelebihan antara lain tahan oksidasi, tahan deformasi pada suhu tinggi (60 °C), cukup fleksibel, mampu melayani lalu lintas berat dan aman untuk lalu lintas, hal ini sesuai dengan keadaan di Indonesia sebagai negara tropis dengan sinar matahari dan curah hujan yang relatif tinggi serta dapat berperan dalam memecahkan kendala-kendala sekaligus untuk efisiensi dari segi kualitas, waktu dan biaya pelaksanaan..

Kenyataan di lapangan yang sering terjadi adalah pemadatan yang dilakukan di bawah suhu (pemadatan awal) yang telah disyaratkan dan mengakibatkan konstruksi lapis keras bermutu rendah dan berumur konstruksi pendek. Permasalahan yang timbul tersebut adalah karena letak Asphalt Mixing Plan (AMP) jauh dari lokasi penghamparan, kemacetan lalu lintas dan memumpuknya (antrian) campuran siap hampar sehingga suhunya turun dan tidak memenuhi persyaratan lagi, namun apabila tidak digunakan akan sangat merugikan baik dari segi waktu maupun biaya.

Permasalahan akan dapat teratasi apabila campuran yang suhunya turun tersebut dipanaskan lagi sehingga memenuhi syarat untuk penghamparan dan dapat dimanfaatkan kembali.

Penelitian ini menitik beratkan pada pengaruh pemanasan ulang terhadap perilaku campuran SMA + S grading 0/11 dengan alat uji Marshall yang meliputi kandungan rongga dalam campuran (VIM), banyaknya rongga terisi aspal (VFWA), stabilitas, kelelahan (flow), Marshall Quotient (MQ) dan modulus kekakuan campuran (S_{mix}).

Hasil penelitian pemanasan ulang campuran SMA + S dengan variasi kadar aspal 6,3%, 6,7%, 7,1% dan 7,5% yang telah turun temperaturnya sampai 60 °C memberi pengaruh pada peningkatan nilai stabilitas, flow, VFWA, MQ dan modulus kekakuan sedangkan VIM mengalami penurunan. Secara keseluruhan hanya campuran dengan kadar aspal 6,7% yang dapat digelar kembali karena memenuhi semua kriteria disain Marshall yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga dan SKBI 1987.

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Halaman Persembahan	iii
Kata Pengantar	iv
Intisari	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Manfaat Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pemanasan Campuran	4
2.2 Aspal	4
2.3 Agregat	6
2.4 Filler	8
2.5 Bahan Tambah	9
2.6 Split Mastic Asphalt	10
2.7 Marshall Test	11

BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Perkerasan Jalan	12
3.2 Karakteristik Perkerasan	14
3.2.1 Stabilitas	14
3.2.2 Keawetan (durabilitas)	15
3.2.3 Fleksibilitas (kelenturan)	16
3.2.4 Tahanan Geser/kekesatan (skid resistance)	16
3.2.5 Ketahanan Kelelahan (fatigue resistance)	17
3.2.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (workability)	17
3.3 Syarat-syarat Kekuatan Struktural	17
3.4 Split Mastic Asphalt (SMA)	19
 BAB IV HIPOTESA	 26
 BAB V CARA PENELITIAN	 27
5.1 Bahan	27
5.1.1 Asal Bahan	27
5.1.2 Persyaratan dan Pengujian Bahan	27
5.2 Perencanaan campuran	28
5.2.1 Gradasi Agregat Nilai Tengah	28
5.2.2 Kadar Aspal	29
5.2.3 Kadar Serat Selulosa	29
5.2.4 Filler	30
5.3 Pengujian Benda Uji	30
5.3.1 Persiapan Benda Uji	31
5.3.2 Cara Pengujian	32
5.4 Anggapan Dasar	32

BAB VI HASIL PENELITIAN	33
6.1 Hasil Penelitian	33
6.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat	33
6.1.2 Hasil Pemeriksaan Aspal	34
6.1.3 Hasil Pemeriksaan Filler	35
6.1.4 Hasil Pemeriksaan Bahan Tambah (serat selulosa)	35
6.1.5 Hasil Pengujian Benda Uji	36
6.2 Pembahasan	39
6.2.1 Pengaruh Pemanasan Ulang Terhadap Kriteria Disain Marshall	39
6.2.2 Pengaruh Pemenasan Ulang Terhadap Kekakuan Aspal dan Kekakuan Campuran	48
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	55
7.1 Kesimpulan	55
7.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	halaman
1. Tabel 3.1 Kriteria Disain Marshall Untuk SMA + S	20
2. Tabel 3.2 Gradasi SMA 0/11	20
3. Tabel 3.3 Persyaratan AC Penetrasi 60/70	22
4. Tabel 3.4 Gradasi Material Filler	23
5. Tabel 3.5 Hasil Pengujian Serat Selulosa CF-31500	24
6. Tabel 5.1 Gradasi Agregat Ideal Untuk SMA	29
7. Tabel 6.1 Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Agregat	33
8. Tabel 6.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	34
9. Tabel 6.3 Hasil Pemeriksaan Aspal Jenis AC 60/70	34
10. Tabel 6.4 Hasil Pengujian Serat Selulosa CF-31500	35
11. Tabel 6.5 Data Hasil Test Marshall Camp. SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang	38
12. Tabel 6.6 Data Hasil Test Marshall Camp. SMA + S Dengan Pemanasan Ulang	38
13. Tabel 6.7 Nilai Modulus Kekakuan Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang	52
14. Tabel 6.8 Nilai Modulus Kekakuan Campuran SMA + S Dengan Pemanasan Ulang	52

DAFTAR GAMBAR

	halaman
1. Gambar 3.1 Grafik Analisa Gradasi Ideal SMA + S	21
2. Gambar 3.2 Grafik Gradasi Material Filler	22
3. Gambar 6.1 Grafik Perbandingan Hubungan VIM Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan ulang	39
4. Gambar 6.2 Grafik Perbandingan Hubungan VFWA Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	41
5. Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Hubungan Stabilitas Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	43
6. Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Hubungan Flow Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	45
7. Gambar 6.5 Grafik Perbandingan Hubungan MQ Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	46
8. Gambar 6.6 Grafik Perbandingan Modulus Kekakuan Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	52
9. Gambar 6.7 Nomogram Van der Poel Untuk Kekakuan Bitumen (S Bit)	54

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
1. Pemeriksaan Keausan Agregat (abrasi test)	Lp.1
2. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	Lp.2
3. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	Lp.3
4. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	Lp.4
5. Sand Equivalent Data	Lp.5
6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (Aspal 6,3 %)	Lp.6
7. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (Aspal 6,7 %)	Lp.7
8. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (Aspal 7,1 %)	Lp.8
9. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (Aspal 7,5 %)	Lp.9
10. Pemeriksaan Penetrasi Aspal	Lp.10
11. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	Lp.11
12. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	Lp.12
13. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	Lp.13
14. Pemeriksaan Kelarutan Dalam CCL4	Lp.14
15. Pemeriksaan Daktilitas	Lp.15
16. Perhitungan Test Marshall Untuk Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang	Lp.16
17. Perhitungan Test Marshall Untuk Campuran SMA + S Dengan Pemanasan Ulang	Lp.17
18. Perhitungan Modulus Kekakuan Campuran Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang	Lp.18

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat baik menyangkut sarana maupun prasarananya seiring dengan perkembangan penduduk. Sektor ini memegang peranan sangat penting dalam pengembangan kehidupan bangsa di bidang ekonomi, sosial budaya dan pertahanan keamanan.

Untuk mengimbangi pesatnya laju kegiatan ekonomi dan industri maka diperlukan pembangunan prasarana jalan yang dapat melayani perkembangan kegiatan tersebut, yaitu kondisi jalan yang memenuhi syarat baik secara teknis maupun ekonomis dan dapat memberikan kenyamanan dan pelayanan lalu lintas baik barang maupun jasa dengan baik.

Pengenalan terhadap teknologi transportasi khususnya menyangkut prasarana jalan sangat berhubungan erat dengan tuntutan masyarakat akan prasarana jalan yang dapat memberikan pelayanan sekaligus kenyamanan.

Salah satu teknologi yang telah dikembangkan saat ini untuk menjawab tantangan tersebut adalah teknologi Split Mastic Asphalt, yakni campuran aspal beton dengan bahan tambah serat selulosa (SMA + S). Teknologi yang berasal dari

Jerman ini telah berkembang menjadi teknologi konstruksi jalan yang kehandalannya telah diakui para pakar dan praktisi hampir di seluruh dunia.

Pemerintah Indonesia melalui Bina Marga telah mengembangkan salah satu dari SMA, yakni grading 0/11.

Seperti konstruksi beton aspal yang lainnya, SMA juga dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya yang berupa agregat, aspal dan serat selulosa.

Untuk mendapatkan suatu lapis keras yang berkualitas tinggi, selain kualitas bahan perlu mendapat perhatian faktor pelaksanaan baik pada saat pencampuran, penghamparan maupun pemadatan.

Penurunan temperatur sangat berpengaruh pada pelaksanaan di lapangan terutama terhadap campuran Split Mastic Asphalt yang peka terhadap perubahan temperatur, sehingga harus memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi karena menyangkut mutu perkerasan. Akan tetapi karena sesuatu hal, misalnya lokasi proyek yang jauh dari Asphalt Mixing Plant (AMP), kemacetan lalu lintas atau karena tidak seimbangya produksi campuran (AMP) dengan volume pelaksanaan di lapangan sehingga harus mengalami antrian yang menyebabkan penurunan temperatur di bawah persyaratan sehingga campuran tidak dapat digelar/dipakai. Hal ini tentu saja mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit.

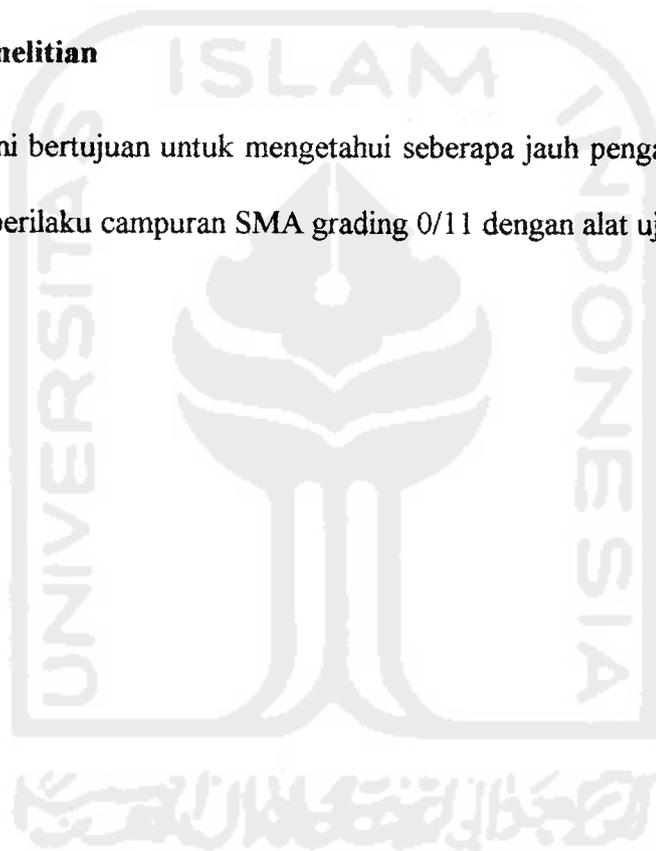
Berpijak pada hal tersebut maka dilakukan penelitian “Pengaruh Pemanasan Ulang Terhadap Perilaku Campuran Split Mastic Asphalt Grading 0/11 Dengan Alat Uji Marshall”.

1.2 Manfaat Penelitian

Diperoleh gambaran seberapa jauh pengaruh pemanasan ulang terhadap perilaku campuran SMA grading 0/11 dengan alat uji Marshall sehingga diketahui apakah campuran SMA dengan temperatur di bawah persyaratan setelah dipanaskan ulang dapat digelar kembali.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh pemanasan ulang terhadap perilaku campuran SMA grading 0/11 dengan alat uji Marshall.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanasan Campuran

Pada perkerasan lentur yang dikerjakan secara panas, pengaturan temperatur sangat mempengaruhi sifat kemudahan dalam pelaksanaan (workability) serta kualitas perkerasan yang dihasilkan.

Temperatur yang dimaksud adalah temperatur dalam pelaksanaan konstruksi, baik saat pencampuran, penghamparan maupun pemadatan.

Bahan penyusun campuran yang sangat dipengaruhi oleh temperatur adalah aspal, karena kekentalan (viskositas) aspal akan berubah sesuai dengan berubahnya temperatur (Asphalt Institute MS-22, 1983)[1].

2.2 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal menjadi lunak atau cair dan bila temperatur turun akan mengeras (termoplastis).

Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur. (Silvia Sukirman, 1993)[7].

Susunan struktur dalam aspal ditentukan oleh senyawa kimia yang kompleks dengan penyusun utama hidrokarbon (90 % - 99 %) serta sebagian kecil Belerang

(0 % - 6 %), Oksigen (0 % - 1,5 %) dan nitrogen (0 % - 1%). Aspal juga mengandung beberapa bahan metal seperti vanadium, nikel, besi, magnesium dan kalsium (Prof. Stephen Brown, 1990)[2].

Namun secara garis besar aspal dibagi dalam dua kelompok susunan kimia yaitu Asphaltenes dan maltenes. Maltenes dibagi lagi menjadi Saturates, Aromatics dan resins.

Karakteristik dari keempat kelompok bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Asphaltenes**, mengandung n-heptan yang tidak dapat larut , berwarna coklat tua dan berbentuk padat tak beraturan dengan ukuran partikel 5 nm - 30 nm serta atom Hidrokarbon H/C dengan perbandingan 1 : 1. Kandungan dari Asphaltenes memberikan pengaruh besar pada sifat aspal. Penambahan kadar Asphaltenes menghasilkan aspal keras dengan penetrasi rendah, titik leleh tinggi dan tentu saja viskositas yang tinggi. Kandungan Asphaltenes 5 % - 25 % dari total aspal.
2. **Resins**, Mengandung n-heptan yang dapat larut, berwarna coklat tua dan berbentuk padat atau semi padat. Seperti halnya Asphaltenes resins tersusun dari Hidrokarbon dengan ukuran partikel 1 nm - 5 nm serta perbandingan Hidrokarbon H/C 1:3 sampai dengan 1:4. Bahan ini memberikan kekuatan adhesi yang besar pada aspal, dimana perbandingan campuran Asphaltenes dengan Resins memberikan derajat kelarutan (solution) atau kepekatan (gelatin) dari aspal.

3. **Aromatics**, mengandung molekul n-heptan paling ringan berwarna coklat tua dan berbentuk cairan kental serta berjumlah 40 % - 65 % dari total aspal.
4. **Saturates**, mengandung Hidrokarbon rantai lurus dan bercabang dengan alkyl naphthenes dan alkyl aromatics berwarna putih berbentuk cair serta berjumlah 5 % - 20 % dari aspal.

Dari uraian bahan penyusun aspal tersebut dapat kita ketahui beberapa hal yang dapat mempengaruhi sifat-sifat aspal khususnya berhubungan dengan temperatur.

2.3 Agregat

Agregat/ batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan pejal (solid) atau merupakan suatu bahan yang terdiri dari mineral padat berupa masa berukuran besar maupun berupa fragmen-fragmen (Silvia Sukirman, 1993)[7] dan secara khusus agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi jalan (Petunjuk Pelaksanaan Laston no. 13/PT/B/1983)[3].

Sebagai bahan utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 - 95 % agregat berdasarkan prosentase berat atau 75 - 85 % agregat berdasarkan prosentase volume sehingga daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran dengan material lain.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas serta menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat agregat yang

menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (strength and durability) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
 - a. gradasi
 - b. ukuran maksimum
 - c. kadar lempung
 - d. kekerasan dan ketahanan
 - e. bentuk butiran
 - f. tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi :
 - a. porositas
 - b. kemungkinan basah
 - c. jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi :
 - a. tahanan geser (skid resistance)
 - b. campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (bituminuous mix workability).

2.4 Filler

Filler adalah suatu bahan sebagai fraksi debu mineral bisa berupa debu batu, abu kapur, debu dolomit atau semen yang lolos saringan nomor 200 (0.074 mm) dan berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal beton. Filler harus dalam keadaan kering dengan kadar air maksimum 1 %.

Penggunaan filler dalam campuran aspal beton akan mempengaruhi karakteristik aspal beton dan dapat memberikan berbagai dampak antara lain (E.J. Yoder and Witzak M. W, 1975)[4]

1. Dampak penggunaan filler terhadap karakteristik campuran aspal filler,
 - a. terhadap viskositas campuran akan menaikkan viskositas, dimana semakin luas permukaan viskositas akan semakin tinggi jika dibanding berluas kecil dan penggunaan suatu jenis filler memberikan efek viskositas campuran yang berbeda
 - b. terhadap daktilitas dan penetrasi campuran dimana semakin tinggi kadar filler akan menurunkan daktilitas yang terjadi pada berbagai temperatur. Penetrasi aspal akan turun dengan kenaikan viskositas aspal karena filler
 - c. terhadap temperatur dan karakteristik campuran aspal beton, akan berpengaruh dalam pencampuran, penghampanan dan pemadatan. Disamping itu jenis filler juga akan berpengaruh terhadap sifat elastik campuran dan sensitifitasnya terhadap air.

2.5 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran aspal yang berfungsi menstabilkan campuran aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak) dan tidak dikategorikan sebagai bahan substitusi agregat.

Dalam konstruksi Split Mastic Asphalt digunakan bahan tambah serat selulosa dengan alasan teknis, ekonomis dan mengacu pada kelestarian lingkungan. Serat selulosa juga dikenal sebagai teknologi yang toleran terhadap deviasi pelaksanaan, memberikan skid resistance yang baik serta menaikkan titik leleh aspal, sehingga akan memberikan umur teknis yang lebih panjang.

Serat selulosa diperoleh dari tumbuhan yang bisa menghasilkan protein dan asam amino. Untuk mengambil protein dan asam amino pada tumbuhan digunakan cara ekstraksi. Hasil ekstraksi berupa larutan protein dan asam amino kemudian dilakukan penyulingan (destilasi) untuk diambil protein dan asam amino murni yang selanjutnya diendapkan, diekstraksi dalam keadaan basah ke dalam larutan penggumpal (coagulating) untuk dijadikan serat selulosa.

Mekanisme stabilitas serat selulosa secara mikro terjadi melalui dua proses :

A. Absorpsi aspal oleh serat selulosa

Pada proses absorpsi akan menyebabkan sifat-sifat kinetis (mobilitas) dari partikel-partikel aspal sehingga meningkatkan integritas dari bulk aspal tanpa mengurangi sifat kelenturan dan adhesinya.

B. Jembatan hidrogen antara selulosa dan aspal

Secara umum aspal tersusun dari 3 komponen : asphaltene, resin dan oils (saturated hydrocarbon) dengan fungsi spesifikasi masing-masing : asphaltene sebagai pembentuk body, resin membangkitkan sifat adhesive dan lentur serta fraksi-fraksi minyak bertanggung jawab atas sifat viskositas dan flow.

2.6 Split Mastic Asphalt

Split Mastic Asphalt adalah campuran aspal panas gradasi terbuka dengan susunan :

1. Split (agregat kasar) dengan ukuran > 2 mm dengan jumlah fraksi tinggi yakni ± 75 % dari berat agregat campuran.
2. Mastic Asphalt adalah campuran antara agregat halus bahan isian (filler) dan aspal dengan kadar relatif tinggi.
3. Bahan tambah (additive) yang berfungsi sebagai stabilisasi aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak).

Di Jerman Barat negara asal SMA dengan serat selulosa sebagai bahan additive telah dibakukan dalam petunjuk pelaksanaan dengan spesifikasi Ztv-bit STB 84 (Moh. Ali Khairuddin, 1990)[6] terdapat 3 jenis SMA yang digolongkan berdasarkan ukuran agregat maksimum, yakni :

1. SMA 0/11, dengan ukuran maksimum agregat 11 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 2,5 - 5 cm. Umumnya dipakai untuk lapisan wearing course pada jalan baru.

2. SMA 0/8, dengan ukuran maksimum agregat 8 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 2 - 4 cm. Umum dipakai untuk pelapisan ulang (overlay) wearing course pada jalan lama.
3. SMA 0/5, dengan ukuran maksimum agregat 5mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 1,5 - 3 cm. Umumnya digunakan sebagai lapis permukaan tipis untuk tujuan pemeliharaan dan perbaikan jalan.

2.7 Marshall Test

Marshall Test merupakan suatu pemeriksaan kinerja suatu campuran aspal beton. Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal dan agregat dengan alat Marshall.

Pemeriksaan ini pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan oleh U.S. Corps of Engineer. Saat ini pemeriksaan Marshall mengikuti prosedur PC-0201-76 atau AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Selain itu terdapat arloji kelelahan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastik (flow). Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar (sub grade) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban lalu lintas, yang kemudian disebarkan ke tanah dasar sehingga tanah dasar tidak menerima tekanan yang lebih besar dari daya dukungnya.

Perkerasan yang dikelompokkan berdasarkan bahan pengikatnya, yaitu :

1. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.
2. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement) adalah perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Dalam uraian selanjutnya akan dibahas mengenai konstruksi perkerasan lentur. Pada umumnya konstruksi perkerasan lentur tersusun atas 3 bagian dengan kualitas bahan semakin ke atas semakin baik dan mempunyai fungsi :

1. Lapis pondasi bawah (subbase course), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar serta berfungsi :
 - a. menyebarkan beban roda
 - b. lapisan untuk mencegah partikel halus tanah dasar naik ke lapis pondasi atas
 - c. lapis peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
 - d. efisiensi penggunaan material karena mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
2. Lapis pondasi atas (base course) merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan serta berfungsi :
 - a. sebagai pendukung bagi lapis permukaan dan menahan gaya geser/lintang
 - b. sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Lapis permukaan (surface course) merupakan lapisan paling atas dan berfungsi :
 - a. memikul langsung beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya
 - b. menahan gaya geser dari beban roda
 - c. sebagai lapis aus (wearing course) akibat gaya gesek dan cuaca
 - d. sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapis di bawahnya.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap campuran aspal, agregat dan bahan tambah untuk lapis permukaan (surface course).

3.2 Karakteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat-sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik dan buruknya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik akan dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya (sesuai umur rencana), keawetan serta kenyamanannya.

Karakteristik perkerasan tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Adapun karakteristik perkerasan meliputi :

3.2.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen.

Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan menentukan tingkat stabilitas yang dibutuhkan. Beberapa variabel yang mempunyai hubungan terhadap stabilitas lapis perkerasan antara lain adalah gesekan, kohesi dan inersia.

Gaya gesek (friction) tergantung pada tekstur permukaan, gradasi dan bentuk agregat serta kerapatan campuran dan kualitas aspal.

Kohesi merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan tercermin dari sifat kekerasannya, sedangkan kohesi campuran tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal dan sifat bantu bahan tambah.

Inersia merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan perpindahan tempat (resistance to displacement) yang terjadi akibat beban lalu lintas baik karena besarnya beban maupun jangka waktu pembebanan.

Memaksimalkan stabilitas dapat berarti menurunkan fleksibilitas dan kemudahan dalam pengerjaan (workability) dengan gradasi rapat dan saling mengunci perkerasan akan menjadi kaku serta tidak cukup fleksibel.

3.2.2 Keawetan (Durabilitas)

Durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur maupun keausan akibat gesekan kendaraan. Lapisan perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan oleh pengaruh air dan cuaca.

Pada umumnya durabilitas yang baik dapat diperoleh dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, gradasi batuan yang baik serta campuran yang tidak permeable pada campuran perkerasan.

Dipandang dari sudut jumlah aspal yang digunakan maka dapat dikatakan bahwa makin banyak kadar aspal akan bertambah tebal lapisan aspal yang menyelimuti tiap butir batuan sehingga perkerasan lebih tahan lama karena mengurangi pori-pori yang ada dalam campuran dimana air dan udara sukar masuk ke dalam perkerasan.

Gaya pengausan yang terjadi dapat diredam dengan menggunakan batuan dengan sifat kekerasan yang tinggi, akan tetapi jika aspal berlebihan dapat menimbulkan bleeding pada perkerasan bila terkena perubahan temperatur yang tinggi.

3.2.3 Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak, perubahan volume atau perubahan yang permanen.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memberi kadar aspal yang tinggi dan digunakan aspal lunak serta dipakai gradasi agregat yang terbuka (open graded).

3.2.4 Tahanan Geser/ Kekesatan (skid resistance)

Kekesatan (skid resistance) adalah kemampuan lapis permukaan (surface course) pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik di waktu basah maupun di waktu kering.

Beberapa faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai ketahanan gesek yang tinggi hampir sama dengan faktor pada penentuan stabilitas.

Kadar aspal yang optimum pada agregat yang mempunyai permukaan kasar akan memberikan tahanan gesek/kekesatan yang tinggi. Faktor lain yang juga perlu diperhatikan adalah rongga udara yang cukup dalam lapisan perkerasan karena

apabila terjadi kenaikan temperatur yang tinggi tidak terdesak keluar dan terjadi bleeding.

3.2.5 Ketahanan Kelelahan (fatigue resistance)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang menyebabkan terjadi alur (rutting) dan retak.

Faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan antara lain karena adanya rongga udara yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran perkerasan yang akan menyebabkan terjadinya retak. Sedangkan rongga antar butiran dan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi terlalu fleksibel dan lunak sehingga terjadi alur (rutting).

3.2.6 Kemudahan dalam pelaksanaan (workability)

Yang dimaksud dengan kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai yang diharapkan (spesifikasi).

Faktor lain yang mempengaruhi adalah temperatur campuran terutama bahan pengikat yang bersifat termoplastik, serta kandungan filler yang tinggi menyebabkan pelaksanaan sukar karena viskositas naik.

3.3 Syarat-syarat Kekuatan Struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke base course.
2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak dapat meresap ke lapisan di bawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat mengalir.
4. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat memikul beban lalu lintas tanpa terjadi suatu deformasi, bergelombang atau desakan samping.
5. Tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas.
6. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah lapuk akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca.

Untuk dapat memenuhi syarat tersebut diatas, perencanaan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur jalan harus mencakup :

1. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan.
2. Berdasarkan daya dukung base course, beban lalu lintas, keadaan lingkungan dan jenis lapisan yang dipilih.
3. Analisa campuran bahan.
4. Berdasarkan mutu dan jumlah bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis lapisan yang dipilih.
5. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pemadatan.

3.4 Split Mastic Asphalt (SMA)

1. Pengertian Umum

Split Mastic Asphalt adalah aspal beton yang terdiri atas campuran agregat, aspal dan bahan tambah. Dimana dari tiga jenis Split Mastic Asphalt yang ada, yaitu SMA 0/5, SMA 0/8 dan SMA 0/11 yang dikembangkan di Indonesia adalah SMA 0/11. Disini yang akan dibahas adalah SMA dengan grading 0/11.

2. Spesifikasi Teknik (Bina Marga 1983 dan SKBI 1987)

Karakteristik dari SMA adalah :

- a. Agregat kasar dengan ukuran $> 2\text{mm}$ dengan jumlah fraksi antara 70-80 %.
- b. Mastic Asphalt, dimana campuran agregat halus, filler, aspal dan bahan tambah akan membentuk lapisan film yang tebal.
- c. Menggunakan bahan tambah berupa serat selulosa yang berfungsi memperbaiki sifat-sifat aspal.

3. Bahan Pendukung

- a. Agregat. Dengan persyaratan mutu agregat sebagai berikut :
 1. Kehilangan berat akibat abrasi mesin LosAngeles(PB.0206-76)maks. 40%
 2. Kelekatan agregat terhadap aspal (PB. 0205-76) minimal 95 %
 3. Non plastis

4. SMA dengan kriteria disain Marshall yang umum digunakan saat ini ada 2 cara yaitu dengan cara Bina Marga No. 13/PT/B/1983 dan cara SKBI 1987 seperti pada tabel 3.1 dan sebagai perbandingan dicantumkan cara Asphalt Institute 1984.

Tabel 3.1 Kriteria Disain Marshall untuk SMA + S

No.	Parameter Marshall	Bina Marga 1983	SKBI 1987	Asphalt Institute 1984
1.	pemadatan, tumbukan	2 x 75	2 x 75	2 x 75
2.	stabilitas (min), Kg	750	550	680
3.	kelelahan (flow), mm	2 - 4	2 - 4	2 - 4,1
4.	marshall quotient, Kg/mm	-	200 - 350	-
5.	VIM, %	3 - 5	3 - 5	3 - 5
6.	VFWA, %	76 - 82	-	76 - 82

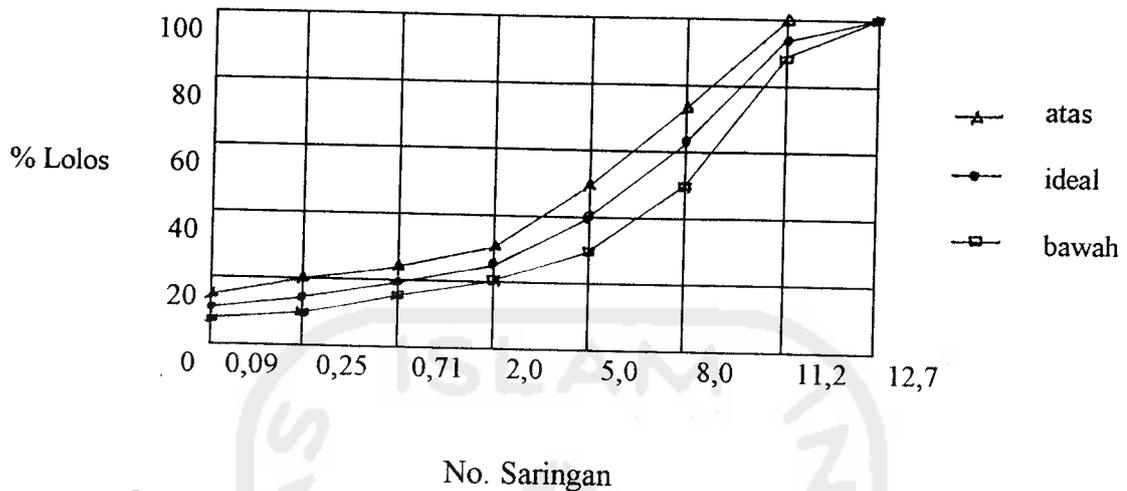
Tabel gradasi SMA 0/11 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Gradasi SMA 0/11

No. Saringan	% Lolos Saringan		
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler (bila diperlukan)
12,7 mm	100	-	-
11,2 mm	60 - 70	90 - 100	-
8,0 mm	0 - 20	80 - 100	-
5,0 mm	-	48 - 65	-
2,0 mm	-	15 - 40	100
0,71 mm	-	-	95 - 100
0,25 mm	-	-	90 - 100
0,09 mm	0 - 20	7 - 20	65 - 100

Sumber Data Sekunder Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa Tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Gradasi Tengah (ideal) hotbin CF 31500



No. Saringan
Gambar 3.1 Grafik Analisa Gradasi Ideal Split Mastic Asphalt

b. Aspal. Aspal yang biasa dipergunakan :

1. Aspal keras

Aspal yang dipakai adalah aspal keras (asphalt cement) pen. 60/70 yang memenuhi ketentuan SNI No. 1737. 1989-F

2. Aspal cair

Aspal cair digunakan sebagai lapis perekat (Tack Coat). Aspal cair yang banyak digunakan sebagai lapis perekat adalah RC 250 dengan jumlah pemakaian 0,15 - 0,351/m²

Tabel 3.3 Persyaratan AC Pen. 60/70 (SNI No. 1737. 1989-F)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA.0301 - 76	60	79	0,1 mm
2.	Titik lembek (ring & ball)	PA.0302 - 76	48	58	°C
3.	Titik nyala	PA.0303 - 76	200	-	°C
4.	Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	PA.0304 - 76	-	0,8	% berat
5.	Kelarutan (CCI4)	PA.0305 - 76	99	-	% berat
6.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA.0306 - 76	100	-	cm
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0301 - 76	54	-	% awal
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	PA.0306 - 76	50	-	cm
9.	Berat jenis (25°C)	PA.0307 - 76	1	-	gram/cc

Sumber Data Sekunder Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU.

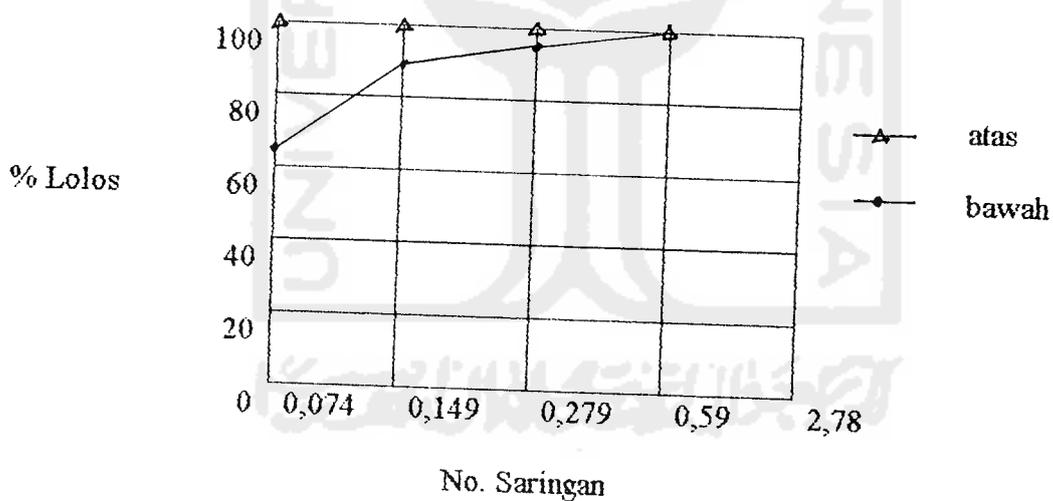
C. Filler. Dalam hal gradasi campuran aspal beton kurang material lolos saringan nomor 200 (0,074 mm) maka perlu diadakan material tambahan yang disebut filler. Filler yang dapat di gunakan : debu batu, kapur, debu dolomit atau semen. Dalam penelitian ini digunakan abu batu. Filler harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1 %).

Dengan tabel gradasi dari mineral filler berikut :

Tabel 3.4 Gradasi Material Filler (SNI No. 1737.1989/F jo. SKBI-2.426.1987)

Ukuran Saringan	Filler % Lolos Saringan
No. 30 (0,59 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 - 100
No. 100 (0,149 mm)	90 - 100
No. 200 (0,074 mm)	65 - 100

Sumber Data Sekunder Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU.



Gambar 3.2 Grafik Gradasi Material Filler (SNI No.1737. 1989)

d. Bahan tambah (additive). Sebagai bahan tambah di dalam campuran SMA adalah serat selulosa (cellulose fibre) dengan kadar berkisar antara 0,2 - 0,3 % terhadap total campuran. Persyaratan umum dari Bina Marga yang harus di penuhi untuk serat selulosa agar dapat digunakan sebagai bahan tambah pada aspal beton campuran panas, antara lain :

1. Mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering aspal beton campuran panas pada temperatur 160°C - 170°C.
2. Dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari aspal beton campuran panas.
3. Tahan terhadap temperatur aspal beton campuran panas sampai dengan temperatur 250°C minimal selama waktu campuran.
4. Dengan kadar 0,3 % terhadap berat aspal beton campuran panas dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek.

Serat selulosa yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis CF-31500. Hasil pengujian lengkap serat selulosa CF-31500 (custom fibers-31500) adalah :

Tabel 3.5 Hasil Pengujian Serat Selulosa CF-31500

No	Macam Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan
1.	Warna	-	Abu-abu	-
2.	pH	-	7,5	7,5 ± 1
3.	Kadar Air	%	4,0	< 6,0
4.	Kadar Organik	%	86,0	> 75,0
5.	Berat Isi Gembur	gram/lt	30,0	> 25,0
6.	Panjang Serat	mikron	< 5000,0	Maks. 5000

Lanjutan : Tabel 3.5

No	Macam Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan
7.	Kelelahan akan Asam Alkali Tanah	-	baik	baik
8.	Kelelahan Suhu Hingga 250°C	-	baik	baik
9.	Distribusi dalam Campuran Kering, Suhu 170°C	-	merata	merata
10.	Hasil Ekstraksi	%	100,0	100,0
11.	Titik Lembek Aspal Pen. 60/70 + Serat Selulosa (97 % Aspal + 3 % SS)	°C	57,8	≥ 55,0

Sumber Data Sekunder Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU.

BAB IV

HIPOTESA

Split Mastic Asphalt yang digunakan sebagai lapis permukaan jalan tersusun dari agregat dan aspal dengan zat tambah serat selulosa, perilakunya sangat dipengaruhi oleh kadar dan jenis aspal yang digunakan. Pemanasan ulang campuran SMA yang telah mengalami penurunan temperatur sampai di bawah temperatur pemadatan yang disyaratkan akan berpengaruh pada kriteria disain Marshall campuran SMA, namun demikian campuran SMA tersebut masih memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan lapis permukaan jalan.

BAB V

CARA PENELITIAN

5.1 Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang memuaskan maka bahan-bahan yang digunakan harus jelas asalnya dan dipersiapkan melalui beberapa pengujian sesuai dengan spesifikasi teknis Bina Marga.

5.1.1 Asal Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini agregat berasal dari daerah Clereng, Kulon Progo hasil pemecah batu (stone crusher) milik PT. Perwita Karya Yogyakarta. Sedangkan aspal yang dipakai adalah jenis AC 60/70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta.

5.1.2 Persyaratan dan Pengujian Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian sebelumnya diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas tinggi. Adapun pengujian yang dilakukan sebelumnya adalah :

- a. Pemeriksaan agregat
 1. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angeles
 2. Pemeriksaan berat jenis (specific gravity)

3. Pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air
 4. pemeriksaan kelekatan terhadap aspal
 5. Pemeriksaan Sand Equivalent
- b. Pengujian bahan ikatan Aspal
1. Pemeriksaan penetrasi
 2. Pemeriksaan titik lembek
 3. Pemeriksaan titik nyala
 4. Pemeriksaan berat jenis
 5. Pemeriksaan kelarutan dalam CCLA

5.2 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran kita lakukan untuk mendapatkan campuran sesuai dengan kandungan masing-masing bahan dengan variasi kadar aspal yang ada. Gradasi agregat, kadar aspal, filler dan serat selulosa yang dipakai harus disesuaikan untuk mendapatkan sampel penelitian yang direncanakan.

5.2.1 Gradasi Agregat Nilai Tengah

Gradasi agregat nilai tengah merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis SMA yang mengacu pada Heavy Loaded Road Improvement Project (Bina Marga).

Tabel 5.1 Gradasi Agregat Nilai Tengah untuk SMA

Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)	Grad. Agr. Nil. Tengah (%)
12,7	100	100
11,2	90 - 100	95
8,0	50 - 75	62,5
5,0	30 - 50	40
2,0	20 - 30	25
0,71	13 - 25	19
0,25	10 - 20	15
0,09	8 - 13	10,5

Sumber Data Sekunder Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa Tengah Dit. Jend. Bina Marga DPU.

5.2.2 Kadar Aspal

Berdasarkan spesifikasi teknis SMA dari Bina Marga, untuk klasifikasi volume lalu lintas berat maka aspal yang dipakai adalah aspal semen penetrasi 60/70 yang memenuhi ketentuan SNI No. 1737.1989-F.

Dengan variasi kadar aspal untuk gradasi ideal adalah 6,3%, 6,7%, 7,1%, 7,5% (satu set). Tiap benda uji dibuat rangkap dua.

5.2.3 Kadar Serat Selulosa

Berdasarkan spesifikasi SMA dari Bina Marga, Kadar selulosa optimum untuk Split Mastic Asphalt adalah 0,2% - 0,3%. Untuk pencampuran di laboratorium dipakai kadar serat selulosa 0,3% terhadap berat total campuran.

5.2.4 Filler

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu lolos saringan 0,09 mm (tertahan di pan). Bahan ini harus bebas dari gumpalan dan harus sesuai dengan spesifikasi dari SNI No. 17737.1989/F jo. SKBI - 2.426.1987.

5.3 Pembuatan Benda Uji

Setelah didapatkan gradasi sesuai rencana, maka tahap pertama penelitian adalah membuat campuran dengan kadar aspal sesuai rencana.

Ada 24 (enam set) benda uji dengan kadar aspal bervariasi sesuai dengan rencana

Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu benda uji adalah 1200 gr, yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar serta aspal.

Temperatur yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah dua set benda uji dipadatkan pada suhu 140°C dan dua set lainnya didiamkan sampai 60°C dibawah suhu minimum yang diijinkan dari Bina Marga untuk SMA(120°C) untuk kemudian dipanaskan kembali sampai suhu 160°C dan dipadatkan pada 140°C.

Cara pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Agregat setelah ditimbang dipanaskan sampai pada temperatur 170°C, sementara aspal AC 60/70 dipanaskan sampai mencapai kekentalan yang diperlukan.
- b. Pada temperatur 160°C serat selulosa dimasukkan agar distribusi serat merata, setelah itu aspal dituangkan dengan takaran sesuai mix design, kemudian campuran diaduk selama 45-50 detik.

- c. Campuran dituangkan kedalam cetakan pada temperatur pemadatan yang diinginkan, kemudian ditusuk dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali pada bagian tepi dan 10 kali pada bagian tengah.
- d. Pamadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali, benda uji dibalik dan kemudian ditumbuk kembali sebanyak 75 kali.
- e. Kemudian dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambungan dilepas).
- f. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama ± 24 jam pada temperatur ruangan.

5.3.1 Persiapan Benda Uji

Dalam persiapan benda uji, maka dilakukan langkah-langkah :

- a. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel untuk selanjutnya dilakukan penimbangan.
- b. Masing-masing benda uji dibuat suatu tanda pengenal.
- c. Benda uji diukur tinggi dan diameternya dengan ketelitian 0,1 mm terhadap alat ukur.
- d. Benda uji direndam dalam air ± 24 jam pada temperatur ruang.
- e. Benda uji ditimbang dalam kondisi dalam air.
- f. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering permukaan jenuh.

5.3.2 Cara Pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut :

- a. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) selama ± 40 menit dengan temperatur perendaman sebesar 60°C .
- b. Kepada penekan alat Uji Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin agar benda uji mudah dilepas.
- c. Setelah dikeluarkan dari water bath segera diletakkan pada alat uji yang dilengkapi dengan arloji kelelahan, dan arloji pembebanan/stabilitas.
- d. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum menunjukkan angka nol, sementara selubung tangkai arloji dipegang terhadap segmen atas kepala penekan.
- e. Kecepatan pembebanan tetap 50 mm/menit , hingga pembebanan maksimum tercapai saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur serta dibaca yang terjadi pada flow meter.

5.4 Anggapan Dasar

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh pemanasan ulang terhadap perilaku campuran SMA + S grading 0/11 dengan alat uji Marshall di laboratorium dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Pelaksanaan pemadatan di laboratorium dianggap mewakili pemadatan awal (break down rolling) di lapangan termasuk temperatur dan pematatannya.

Proses pemanasan ulang dilakukan setelah temperatur dibawah persyaratan minimum (120°C) dan diambil pada 60°C .

BAB VI

HASIL PENELITIAN

6.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pemeriksaan bahan serta pemeriksaan campuran SMA + S dengan alat Marshall diperoleh hasil seperti pada tabel 6.1 s.d 6.8.

6.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan pada campuran Split Mastic Asphalt dengan bahan tambah serat selulosa harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Persyaratan dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Persyaratan dan Hasil Pemeriksaan Agregat.

Pemeriksaan		Syarat	Hasil
1.	Keausan yang diperiksa dengan mesin los Angeles pada 500 putaran.	maks. 40 %	34,22 %
2.	Kelekatan terhadap aspal	> 95 %	> 95 %
3.	Penyerapan agregat terhadap air	maks. 3 %	1 %
4.	Nilai Sand Equivalent	Min. 50 %	84 %

Sumber : 1. SNI No. 1737/1989 - F
2. Hasil : Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

No.		Hasil	
		Agregat Halus	Agregat Kasar
1.	Berat Jenis (bulk)	2,665	2,628
2.	Berat Jenis SSD	2,747	2,652
3.	Berat Jenis Semu	2,904	2,692

Sumber : Hasil penelitian laboratorium Jalan Raya FTSP UII

6.1.2 Hasil Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal jenis AC 60 - 70. Syarat dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Hasil Pemeriksaan Aspal Jenis AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat		Hasil	Satuan
		Min.	Maks.		
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	60	79	71,9	0,1 mm
2.	Titik Lembek	48	58	54	°C
3.	Titik Nyala	200	-	352	°C
4.	Kelarutan	99	-	99	% berat
5.	Daktilitas	100	-	> 137	cm
6.	Berat Jenis	1	-	1.0208	Gr/cc

Sumber : Hasil penelitian laboratorium Jalan Raya FTSP UII

6.1.3 Hasil Pemeriksaan Filler

Dari hasil pemeriksaan filler di laboratorium diperoleh Berat jenis 2,875 gr/cc dengan kadar air kurang dari 1 %.

6.1.4 Hasil Pemeriksaan Bahan Tambah (Serat Selulosa)

Serat selulosa yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis CF 31500 yang diimport dari Amerika serikat. Hasil dan syarat-syarat dapat dilihat pada tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Serat Selulosa CF 31500

No.	Macam Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan
1.	Warna	-	abu-abu	
2.	Ph	-	7,5	7,5 ± 1
3.	Kadar Air	%	4,0	< 6,0
4.	Kadar Organik	%	86,0	> 75,0
5.	Berat Isi Gembur	gr/lt	30	> 25,0
6.	Panjang Serat	mikron	< 5000	maks. 5000
7.	Kelelahan akan Asam Alkali Tanah	-	baik	baik
8.	Kelelahan Suhu Hingga 250°C	-	baik	baik
9.	Dist. Dlm. Camp. Kering Suhu 170°C	-	merata	merata
10.	Hasil Ekstraksi	%	100	100
11.	Titik Lembek Aspal Pen. 60-70 97% Aspal+3% SS	°C	57,8	≥ 55,0

6.1.5 Hasil Pengujian Benda Uji

Pelaksanaan penelitian pengaruh pemanasan ulang terhadap perilaku campuran SMA gading 0/11 dengan alat Marshall pada kadar aspal bervariasi 6,3 %, 6,7 %, 7,1 % dan 7,5 % diperoleh data-data stabilitas, kelelahan, prosen rongga dalam campuran (VIM), prosen rongga terisi aspal (VFWA) dan Marshall Quotient (MQ) yang kemudian dibandingkan dengan campuran SMA yang sama tetapi tanpa pemanasan ulang serta dengan persyaratan yang dijadikan acuan (Bina Marga dan SKBI 1987). Data hasil test Marshall di laboratorium dapat dilihat pada tabel 6.5. dan 6.6., adapun urutan perhitungan disajikan untuk satu contoh kadar aspal saja (6.3 %) adalah sebagai berikut :

Sampel kadar aspal 6.3 % tanpa pemanasan ulang

dengan BJ. Aspal : 1.0208 Gr/cc dan BJ. Agregat 2.6465 Gr/cc

- tebal benda uji = 65,15 mm

- % aspal terhadap batuan = $\frac{6,3}{100 - 6,3} \times 100 \%$

= 6,745 %

- % aspal terhadap campuran = 6,3 %

- berat kering = 1185 gr

- berat SSD = 1196 gr

- berat dalam air = 678 gr

$$\text{- isi} = \text{berat SSD} - \text{berat dalam air} = 518 \text{ gr}$$

$$\text{- berat isi} = \frac{\text{berat kering}}{\text{isi}} = \frac{1185}{518} = 2,8764 \text{ gr}$$

$$\text{- BJ maksimum} = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{BJ. agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ. aspal}}} = 2,38998 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{- i} = \frac{\% \text{ aspal terhadap campuran} \times \text{berat isi}}{\text{BJ. aspal}} = 14,118$$

$$\text{- j} = \frac{(100 - \% \text{ aspal terhadap campuran}) \times \text{berat isi}}{\text{BJ. agregat}} = 80,432$$

$$\text{- kandungan rongga (VIM)} = (100 - i - j) = 5,449 \%$$

$$\text{- rongga terhadap agregat} = (100 - j) = 19,568 \%$$

$$\text{- rongga terisi aspal (VFWA)} = 100 \times \frac{i}{1} = 72,1524 \%$$

$$\text{- pembacaan arloji stabilitas} = 423$$

$$\text{- koreksi} = (\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi proving ring}) = 1507$$

$$\text{- stabilitas} = \text{koreksi} \times \text{koreksi tebal sampel} = 1516,494$$

$$\text{- flow} = \text{kelelehan} \times 0,01 \times 25,4 = 3,302 \text{ mm}$$

$$\text{- MQ (marshall quotient)} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} = 459,265$$

Tabel 6.5 Data Hasil Test Marshall Camp. SMA + S tanpa Pemanasan Ulang

Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	VIM	VFWA	MQ
6,3	1471,089	3,048	4,908	74,541	489,251
6.7	912,645	3,217	3,994	79,443	285,986
7,1	980,661	3,556	3,895	80,584	279,109
7,5	1004,774	3,641	3,207	83,991	275,017

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

Tabel 6.6 Data Hasil Test Marshall Camp. SMA + S dengan Pemanasan Ulang

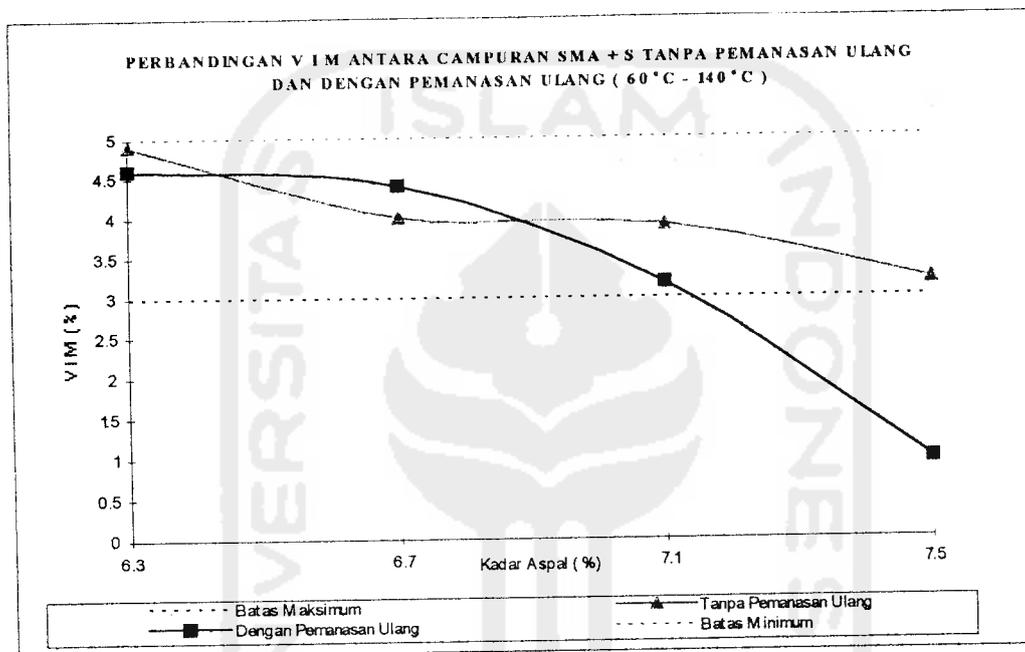
Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	VIM	VFWA	MQ
6,3	1213,781	3,471	4,597	74,706	346,924
6.7	1124,235	3,556	4,395	77,381	316,613
7,1	1124,095	3,725	3,174	83,526	301,361
7,5	1554,786	3,979	0,985	94,632	352,881

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

6.2 Pembahasan

6.2.1 Pengaruh Pemanasan Ulang Terhadap Kriteria Disain Marshall

a. Pengaruh pemanasan ulang terhadap rongga dalam campuran (VIM)



Gambar 6.1. Grafik Perbandingan Hubungan VIM Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

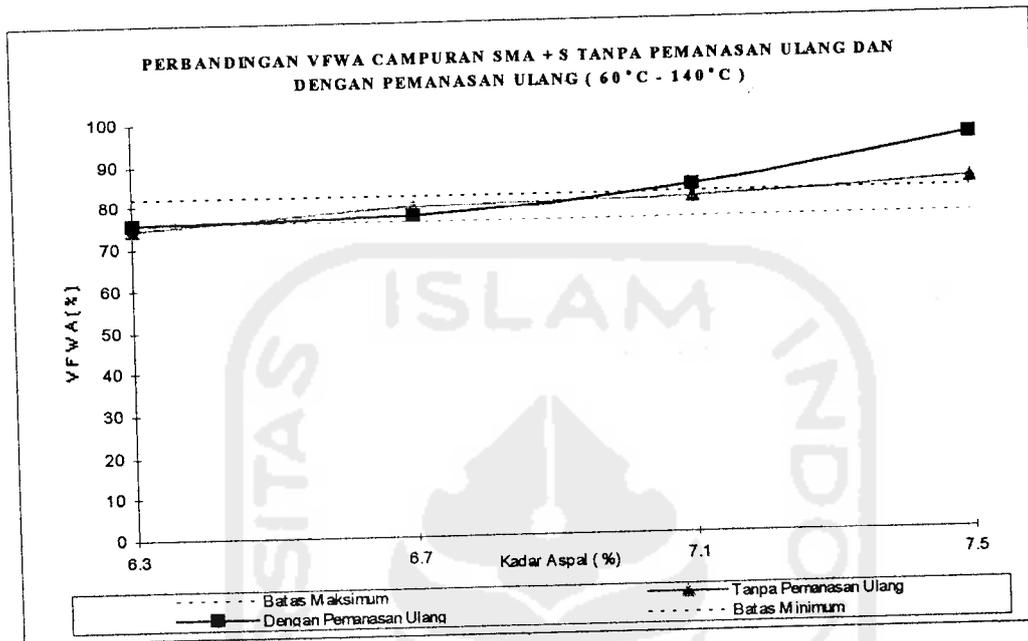
Void In the Mix (VIM) menunjukkan banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran untuk memungkinkan tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas yang berulang, terutama dari kendaraan berat. Disamping itu juga dimaksudkan untuk menyediakan rongga bagi aspal saat suhu perkerasan naik. Rongga yang terlalu banyak akan memudahkan air dan udara masuk, sehingga berpengaruh pada durabilitas yang

akan berkurang. Sedangkan jika rongga terlalu sedikit akan menyebabkan aspal menjadi getas. Adapun rongga yang disyaratkan adalah 3 s.d. 5 %.

Dari Gambar 6.1 hasil pengujian di laboratorium tampak bahwa nilai VIM campuran tanpa pemanasan ulang maupun dengan pemanasan ulang mengalami penurunan sesuai dengan penambahan kadar aspal dan masih dalam batas spesifikasi kecuali pada campuran dengan pemanasan ulang dengan kadar aspal 7,5 % turun di bawah spesifikasi pada 0,985 %.

Jika kita bandingkan kedua jenis campuran bahwa VIM campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % berbeda 0,311 % di bawah campuran tanpa pemanasan ulang, juga pada kadar aspal 7,1 % berbeda 0,721 % serta pada 7,5 % berbeda 2,222 %, namun pada kadar aspal 6,7 % sebaliknya campuran tanpa pemanasan ulang berada pada 0,401 % di bawah campuran dengan pemanasan ulang. Hal ini bisa terjadi karena kemungkinan terjadi kesalahan dalam pembacaan alat ukur, kadar aspal yang berlebih, pemadatan yang kurang terkontrol atau suhu pemadatan masih diatas 140°C dimana semakin rendah temperatur pemadatan akan memberi nilai VIM yang makin besar, karena dengan pemanasan ulang sisa rongga udara akan naik akibat desakan dari aspal sehingga campuran dengan pemanasan ulang akan mempunyai nilai VIM lebih rendah dibandingkan dengan campuran tanpa pemanasan ulang.

b. Pengaruh pemanasan ulang terhadap prosentase rongga terisi aspal (VFWA)



Gambar 6.2 Grafik Perbandingan VFWA Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

Rongga terisi aspal erat kaitannya dengan kekuatan ikatan campuran (adhesi), kedap terhadap udara dan air. Nilai VFWA juga menentukan stabilitas, durabilitas dan fleksibilitas campuran. Persyaratan Bina Marga dan SKBI 1987 untuk VFWA adalah antara 76 % s.d. 82 %. Jika nilai VFWA rendah ($< 76\%$), daya ikat kurang sehingga stabilitas rendah. Sebaliknya jika nilai VFWA tinggi, fleksibilitas campuran menjadi tinggi dan mudah terjadi deformasi bila menerima beban. VFWA yang tinggi juga memudahkan terjadinya bleeding.

Gambar 6.2 menunjukkan bahwa VFWA campuran tanpa pemanasan ulang maupun dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % berada di bawah spesifikasi

(76 %) sedangkan kadar aspal 7,5 % berada di atas spesifikasi (82 %). Kadar aspal 7,1 % pada campuran dengan pemanasan ulang juga berada di atas spesifikasi. Hanya pada kadar aspal 6,7 % kedua jenis campuran memenuhi spesifikasi dan campuran tanpa pemanasan ulang pada kadar 7,1 % juga berada dalam batas spesifikasi.

Namun secara keseluruhan nilai VFWA mengalami kenaikan pada kedua jenis campuran sesuai dengan penambahan kadar aspal. Hal ini terjadi karena kenaikan kadar aspal akan menambah banyaknya aspal yang akan mengisi rongga campuran sehingga cenderung mengurangi rongga yang ada.

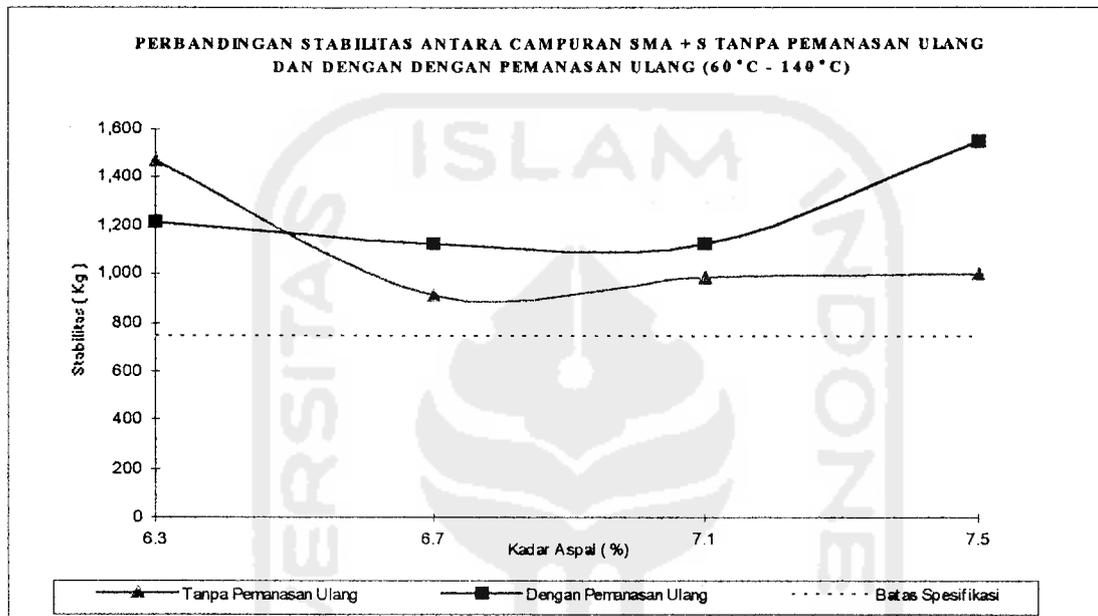
Kedua jenis campuran bila dibandingkan tampak pada gambar 6.2 bahwa campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % mempunyai selisih 0,165 % di atas campuran tanpa pemanasan ulang, serta kadar aspal 7,1 % selisih 2,942 % dan kadar aspal 7,5 % selisih menjadi 10,641 % namun pada kadar aspal 6,7 % campuran tanpa pemanasan ulang justru berada 2,061 % di atas campuran dengan pemanasan ulang. Fenomena tersebut sama dengan yang terjadi pada pengujian untuk memperoleh nilai VIM, dimana sisa rongga udara akan naik akibat desakan aspal karena pemanasan ulang.

c. Pengaruh Pemanasan ulang terhadap stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai nilai

stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Rendahnya nilai stabilitas akan mengakibatkan turunnya daya dukung terhadap beban lalu lintas.

Sedangkan batas minimum spesifikasi adalah 750 Kg.



Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Stabilitas Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

Hasil pengujian laboratorium pada gambar 6.3 tampak bahwa stabilitas kedua jenis campuran berada di atas batas spesifikasi, yang berarti campuran tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang direncanakan..

Jika dibandingkan antara campuran dengan pemanasan ulang dan tanpa pemanasan ulang tampak pada kadar aspal 6,7 % campuran dengan pemanasan ulang berada di atas campuran tanpa pemanasan ulang dengan selisih 211,59 Kg, kadar

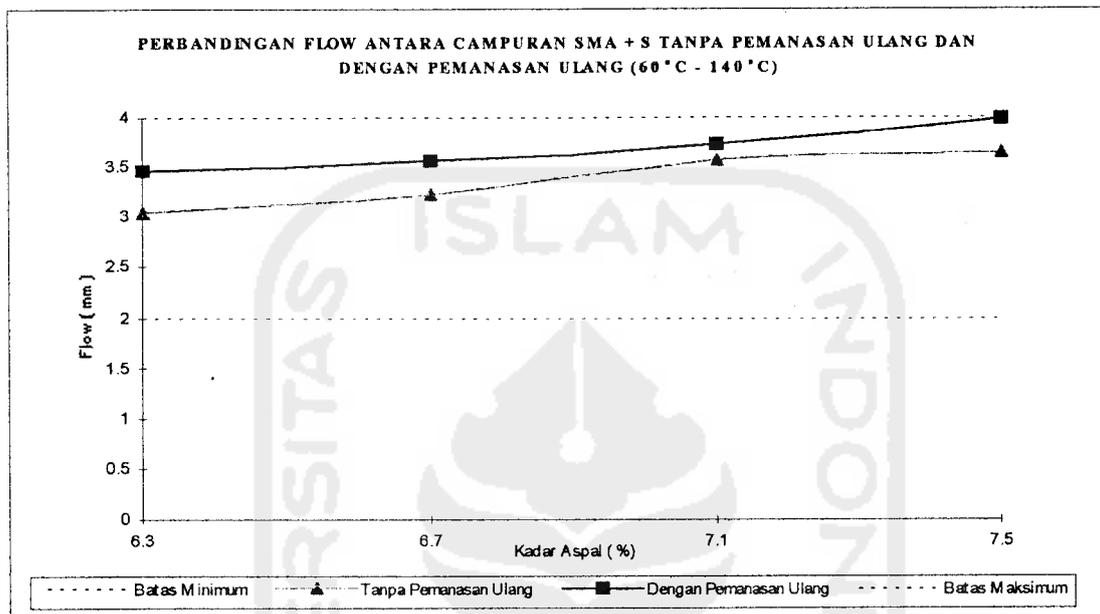
aspal 7,1 % campuran dengan pemanasan ulang juga berada di atas dengan selisih lebih kecil yaitu 143,434 Kg dan pada kadar aspal 7,5 % campuran dengan pemanasan ulang mengalami peningkatan stabilitas 550,012 Kg jika dibandingkan dengan campuran tanpa pemanasan ulang. Hal ini terjadi karena stabilitas sangat dipengaruhi oleh adanya adhesi antar komponen dalam campuran terutama aspal sebagai bahan ikat dimana di dalamnya terkandung resins yang memberikan pengaruh kekuatan adhesi besar, sehingga secara umum penambahan kadar aspal akan memberikan pengaruh pada kenaikan stabilitas campuran. Selain itu dalam aspal terkandung aromatics yang mudah menguap sehingga akan meningkatkan viskositas campuran saat dipanaskan ulang yang pada akhirnya akan meningkatkan nilai stabilitas.

Sedangkan pada kadar aspal 6,3 % stabilitas campuran tanpa pemanasan ulang justru lebih tinggi daripada campuran dengan pemanasan ulang yang dapat disebabkan karena kesalahan pelaksanaan atau pada pembacaan alat ukur, karena campuran dengan pemanasan ulang seharusnya mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi dibanding campuran tanpa pemanasan ulang dimana dengan pemanasan ulang viskositas campuran akan meningkat dan adhesi antar komponen dalam campuran juga bertambah yang pada akhirnya berpengaruh meningkatkan nilai stabilitas.

d. Pengaruh pemanasan ulang terhadap nilai kelelahan (flow)

Kelelahan (flow) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

Persyaratan Bina Marga dan SKBI 1987 untuk nilai kelelehan adalah antara 2 mm s.d. 4 mm.



Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Flow Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

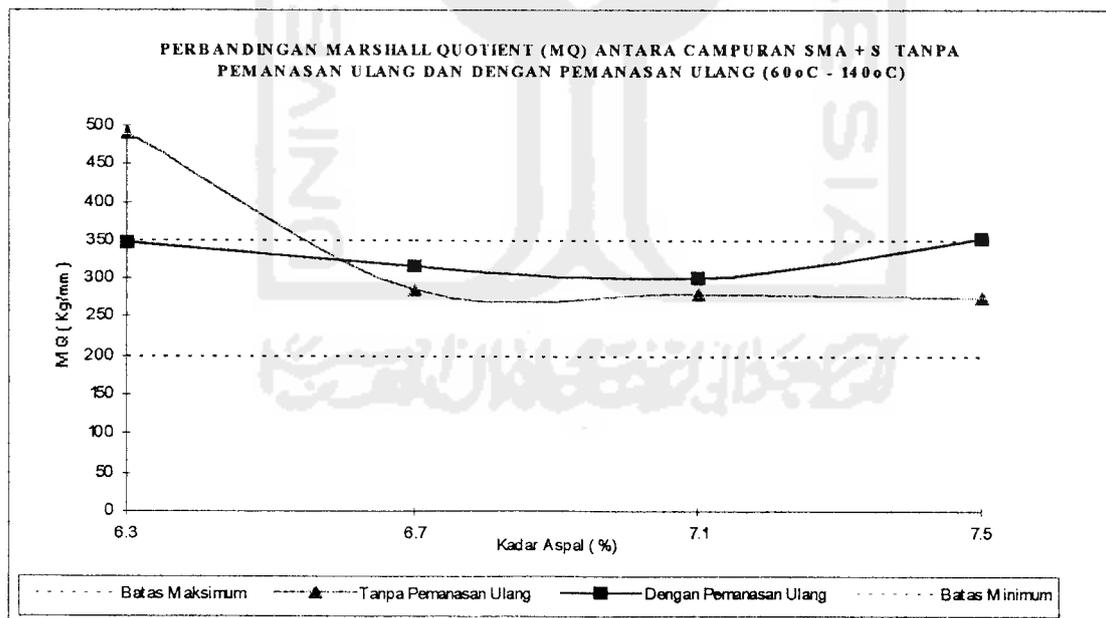
Dari grafik tampak bahwa peningkatan kadar aspal akan menaikkan flow dari campuran dengan pemanasan ulang maupun tanpa pemanasan ulang tetapi masih dalam batas yang disyaratkan. Hal tersebut terjadi karena penambahan kadar aspal dapat mengurangi viskositas yang berarti campuran menjadi lebih lentur. Sedangkan setelah dipanaskan ulang viskositas campuran menjadi naik sehingga campuran menjadi lebih kaku bila dibandingkan dengan campuran tanpa pemanasan ulang.



Diketahui bahwa nilai flow campuran dengan pemanasan ulang berada di atas campuran yang tidak dipanaskan ulang, maka berarti pemanasan ulang dapat menaikkan nilai flow campuran.

Pada kadar aspal 6,3 % campuran dengan pemanasan ulang mempunyai perbedaan flow 0,423 mm di atas campuran tanpa pemanasan ulang, kadar aspal 6,7 % berbeda 0,339 mm, kadar aspal 7,1 % selisih 0,169 mm dan pada kadar aspal 7,5 % terjadi perbedaan 0,338 mm, sehingga kenaikan terbesar pada kadar aspal 6,3 % dan paling kecil pada kadar aspal 7,1 %.

e. Pengaruh pemanasan ulang terhadap Marshall Quotient (MQ)



Gambar 6.5 Grafik Perbandingan Marshall Quotient (MQ) Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

Nilai Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan keelehan yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran SMA. Stabilitas yang tinggi yang disertai keelehan rendah maka campuran bersifat kaku, sebaliknya stabilitas rendah dengan keelehan tinggi menunjukkan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalu lintas yang berulang.

Pada gambar 6.5 tampak bahwa MQ masih berada di dalam batas spesifikasi kecuali campuran tanpa pemanasan ulang dengan kadar aspal 6,3 % dan campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 7,5 % berada di atas batas maksimum spesifikasi MQ.

Pada kadar aspal 6,3 % nilai MQ campuran tanpa pemanasan ulang berada di atas campuran dengan pemanasan ulang sebesar 142,327 poin, namun pada kadar aspal 6,7 % campuran dengan pemanasan ulang mempunyai selisih MQ 30,627 poin lebih tinggi dibanding campuran tanpa pemanasan ulang, begitu pula pada kadar aspal 7,1 % berbeda 22,252 poin dan juga pada kadar 7,5 % mempunyai perbedaan sebesar 77,864 poin.

Secara umum dapat dikatakan bahwa MQ campuran aspal yang mengalami pemanasan ulang mempunyai nilai yang lebih besar dari MQ campuran tanpa pemanasan ulang yang berarti campuran dengan pemanasan ulang bersifat lebih kaku.

6.2.2 Pengaruh Pemanasan Ulang Terhadap Kekakuan Aspal dan Kekakuan Campuran

Nilai kekakuan aspal (stiffness modulus of bitumen) tergantung pada lama pembebanan dan suhu. Kekakuan aspal akan berpengaruh pada kekakuan campuran beton aspal yang selanjutnya akan mempengaruhi kemampuan menyebarkan beban lapis perkerasan.

Besarnya modulus kekakuan campuran dihitung dengan rumus dari "Heukelomp" :

$$S_m = S_b \left[1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n$$

dengan

S_m = Modulus kekakuan campuran

S_b = Modulus kekakuan bitumen

C_v = Prosentase agregat dalam campuran

$n = 0,83 \log 4 \cdot 10^{10}/S_b$

Modulus kekakuan bitumen (S_b) ditentukan dari nomogram "van der poel" dengan masukan :

- lama pembebanan
- temperatur perkerasan
- temperatur leleh bitumen
- nilai penetrasi indeks

1. Modulus kekakuan aspal (S bit)

Contoh perhitungan :

t = waktu pembebanan (detik)

v = kecepatan kendaraan km/jam, diambil 50 km/jam

l = panjang jejak roda (20 - 30) cm, diambil 25 cm

T = temperatur rencana perkerasan °C, diambil 40°C

$t = l/v$ (detik)

$$= \frac{0,25 \times 3600}{50.000} = 0,018 \text{ detik}$$

titik lembek aspal = 54 °C

penetrasi aspal pada suhu 25 °C (P_i) = 71,9

suhu antara = ($T_{rb} - T$) = 54 - 40 = 14 °C

Penetration Index (P_{ir})

$$\begin{aligned} P_{ir} &= \frac{27 \log P_i - 21,65}{76,35 \log P_i - 232,82} \\ &= \frac{27 \log 71,9 - 21,65}{76,35 \log 71,9 - 232,82} = -0,3128 \end{aligned}$$

Dari data (1), (4) dan (5) dengan nomogram Van der Poel (Gambar 6.7), didapat

$$S \text{ bit} = 10^7 \text{ N/m}^2$$

2. Modulus Kekakuan Campuran (S mix)

Sebagai contoh diambil dari satu sampel dengan S bit 10^7 N/m^2

$$V_b = \frac{(100 - V_v) (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)}$$

$$V_v = \frac{(\gamma_{\max} - \gamma_m) \times 100}{\gamma_{\max}}$$

$$V_g = 100\% - V_b - V_v$$

$$\gamma_{\max} = \frac{100 \times \gamma_w}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)}$$

$$M_a = \frac{1200 - 79,2}{1200} \times 100\% = 93,4 \%$$

$$M_b = \frac{79,2}{1200} \times 100\% = 7,4 \%$$

$$\gamma_{\max} = \frac{100 \times 1}{(6,6/1,0208) + (93,4/2,6465)} = 2,3948$$

$$V_v = \frac{(2,3948 - 2,2876) \times 100}{2,3948} = 4,4764 \%$$

$$V_b = \frac{(100 - 4,4764) (6,6/1,0208)}{(6,6/1,0208) + (93,4/2,6465)} = 14,5269 \%$$

$$V_g = 100\% - 14,5269\% - 4,4764\% = 80,9967 \%$$

Kemudian kita cari nilai C_v :

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} = 0,8479$$

Jika harga $V_v > 3\%$ maka dicari harga C_v

$$C_v = \frac{C_v}{1 + 0,01 (V_v - 3)} = \frac{0,8479}{1 + 0,01 (4,4764 - 3)} = 0,8356$$

Syarat $C_b > 2/3 (1 - C_v)$

$$C_b = \frac{V_b}{V_b + V_g} = \frac{14,5269}{14,5269 + 80,9967} = 0,1521$$

$$2/3 (1 - 0,8356) = 0,1096$$

Jadi $C_b > 2/3 (1 - C_v)$

$$n = 0,83 \log \left[\frac{4 \times 10^{10}}{S \text{ bit}} \right]$$

$$= 0,83 \log \left[\frac{4 \times 10^{10}}{10^7} \right] = 2,9897$$

$$S_{\text{mix}} = 10^7 \left[1 + \frac{2,5}{2,9897} \times \frac{0,8356}{1 - 0,8356} \right]^{2,9897}$$

$$= 1,4227 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$$

Hasil selengkapnya dari nilai modulus kekakuan campuran terdapat pada Tabel 6.7.

dan 6.8.

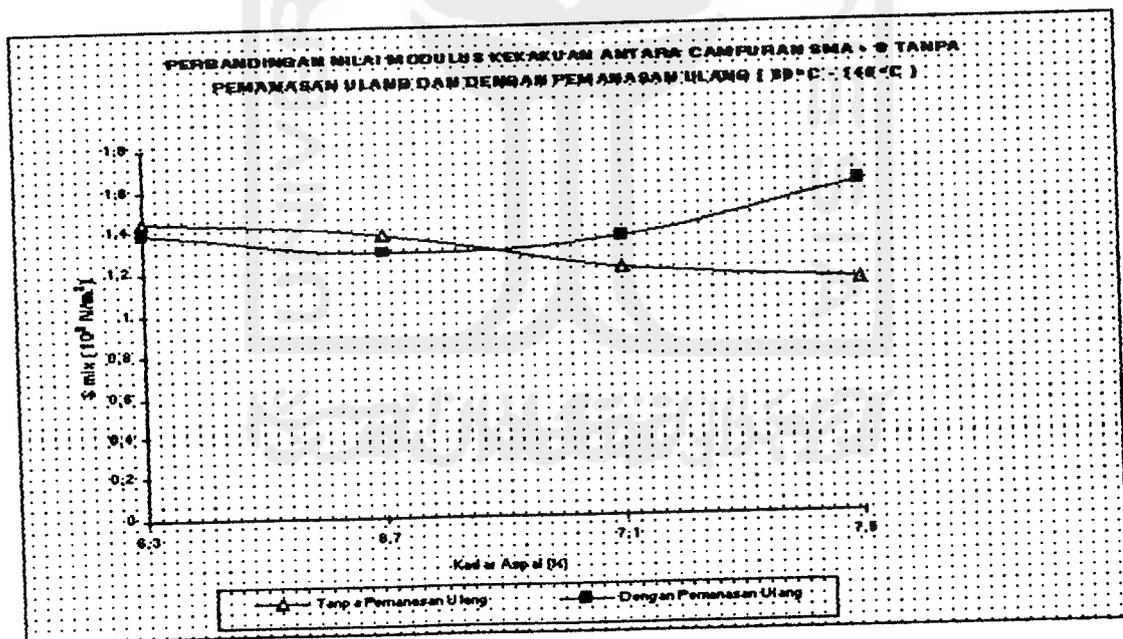
Tabel 6.7 Nilai Modulus Kekakuan Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang

No.	Kadar Aspal	S mix (10^9 N/m ²)
1.	6,3	1,4478
2.	6,7	1,3767
3.	7,1	1,1996
4.	7,5	1,1281

Tabel 6.8 Nilai Modulus Kekakuan Campuran SMA + S Dengan Pemanasan Ulang

No.	Kadar Aspal	S mix (10^9 N/m ²)
1.	6,3	1,3947
2.	6,7	1,2848
3.	7,1	1,3517
4.	7,5	1,6104

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

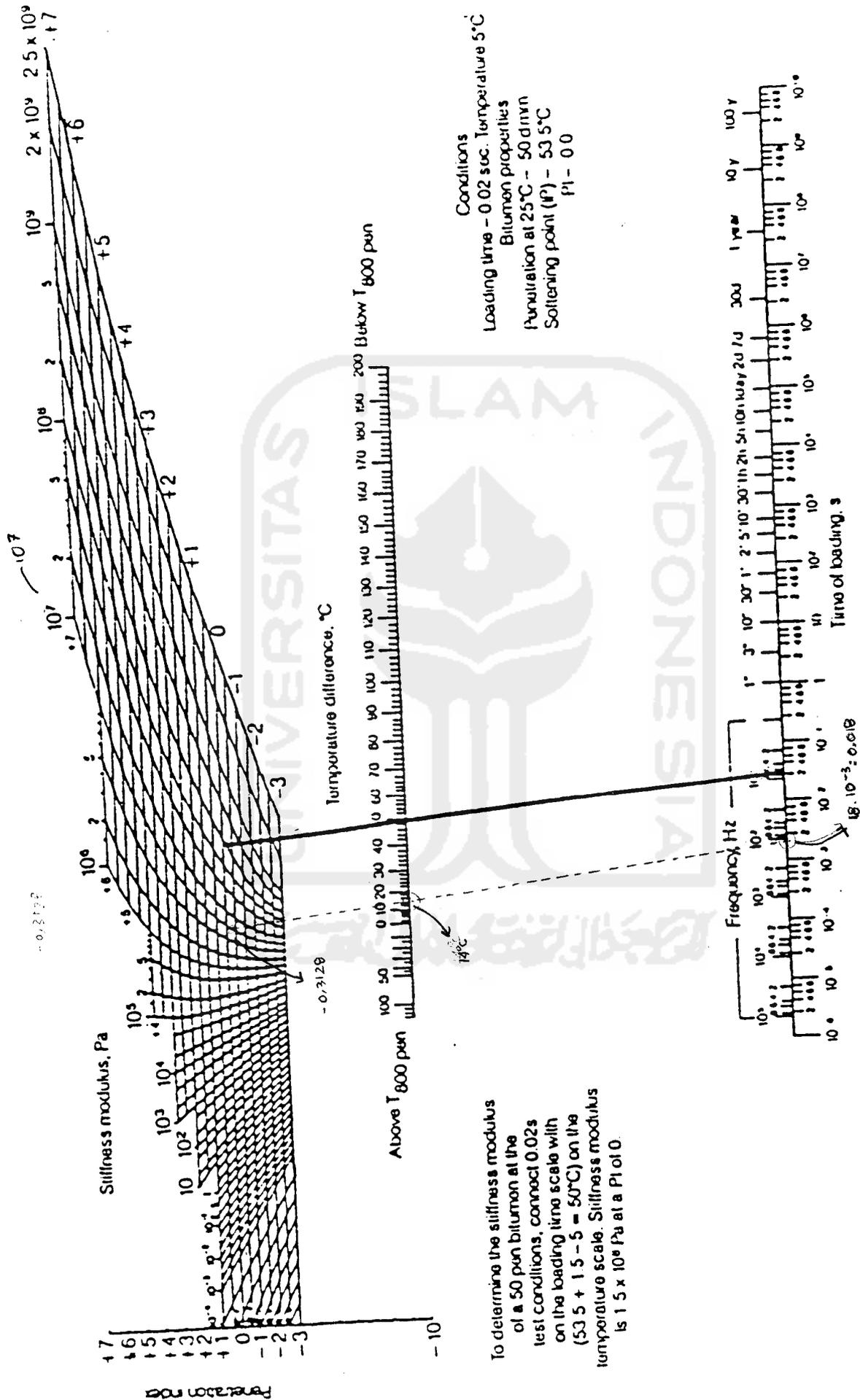


Gambar 6.6 Grafik Perbandingan Modulus Kekakuan Antara Campuran SMA + S Tanpa Pemanasan Ulang dan Dengan Pemanasan Ulang.

Dari grafik di atas tampak pada kadar aspal 6,3 % campuran dengan pemanasan ulang selisih $0,05 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ dibawah campuran tanpa pemanasan ulang dan juga pada kadar aspal 6,7 % berbeda $0,09 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$. Sedangkan pada kadar aspal 7,1 % campuran dengan pemanasan ulang selisih $0,15 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ serta pada 7,5 % berbeda $0,48 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ diatas campuran tanpa pemanasan ulang.

Secara keseluruhan nilai modulus kekakuan campuran dengan pemanasan ulang semakin tinggi sesuai dengan kenaikan kadar aspal, karena dengan pemanasan ulang viskositas campuran akan bertambah sehingga berpengaruh besar pada kekakuan campuran.

Jika kita bandingkan dengan campuran split mastic asphalt yang tanpa mengalami pemanasan ulang maka akan terlihat suatu hasil yang berlawanan dimana kenaikan kadar aspal justru akan menurunkan nilai modulus kekakuan campuran karena dengan penambahan kadar aspal akan mengurangi viskositas campuran yang menyebabkan penurunan kekakuan campuran.



To determine the stiffness modulus of a 50 pen bitumen at the test conditions, connect 0.02s on the loading time scale with (53.5 + 1.5 - 5 = 50°C) on the temperature scale. Stiffness modulus is 1.5×10^6 Pa at a P1 of 0.

Conditions
 Loading time - 0.02 sec. Temperature 5°C
 Bitumen properties
 Penetration at 25°C - 50 dmm
 Softening point (IP) - 53.5°C
 P1 - 0.0

Gambar 6.7 Nomogram Van der Poel untuk Kekakuan Bitumen (S bit)
 Sumber : The Sheel Bitumen Handbook (1990)

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di muka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. VIM campuran baik tanpa pemanasan ulang maupun dengan pemanasan ulang mengalami penurunan sesuai dengan penambahan kadar aspal dan masih dalam batas spesifikasi kecuali pada campuran dengan pemanasan ulang dengan kadar aspal 7,5 % turun jauh di bawah spesifikasi pada 0,985 %.

VIM campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % berbeda 0,311 % di bawah campuran tanpa pemanasan ulang, juga pada kadar aspal 7,1 % berbeda 0,721 % serta pada 7,5 % berbeda 2,222 %, namun pada kadar aspal 6,7 % sebaliknya campuran tanpa pemanasan ulang berada pada 0,401 % di bawah campuran dengan pemanasan ulang.

2. VFWA campuran tanpa pemanasan ulang maupun dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % berada di bawah spesifikasi (76 %) sedangkan kadar aspal 7,5 % berada di atas spesifikasi (82 %). Kadar aspal 7,1 % pada

campuran dengan pemanasan ulang juga berada di atas spesifikasi. Hanya pada kadar aspal 6,7 % kedua jenis campuran memenuhi spesifikasi dan campuran tanpa pemanasan ulang pada kadar 7,1 % juga berada dalam batas spesifikasi.

Namun secara keseluruhan nilai VFWA mengalami kenaikan pada kedua jenis campuran sesuai dengan penambahan kadar aspal.

Campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 6,3 % mempunyai selisih 0,165 % diatas campuran tanpa pemanasan ulang, serta kadar aspal 7,1% selisih 2,942 % dan kadar aspal 7,5 % selisih menjadi 10,641 % namun pada kadar aspal 6,7 % campuran tanpa pemanasan ulang justru berada 2,061% di atas campuran dengan pemanasan ulang .

3. Stabilitas kedua jenis campuran berada di atas batas spesifikasi. Pada kadar aspal 6,3 % stabilitas campuran tanpa pemanasan ulang 203,308 Kg di atas campuran dengan pemanasan ulang, kadar aspal 6,7 % campuran dengan pemanasan ulang berada di atas campuran tanpa pemanasan ulang dengan selisih 211,59 Kg, kadar aspal 7,1 % campuran dengan pemanasan ulang juga berada di atas dengan selisih lebih kecil yaitu 143,434 Kg dan pada kadar aspal 7,5 % campuran dengan pemanasan ulang mengalami peningkatan lebih tinggi yaitu 550,012 Kg jika dibandingkan dengan campuran tanpa pemanasan ulang. Sedangkan pada kadar aspal 6,3 % stabilitas campuran tanpa pemanasan ulang justru lebih tinggi daripada campuran dengan pemanasan ulang.

4. Peningkatan kadar aspal akan menaikkan flow dari campuran dengan pemanasan ulang dari campuran tanpa pemanasan tetapi masih dalam batas yang disyaratkan. Diketahui bahwa pemanasan ulang dapat menaikkan nilai flow campuran. Pada kadar aspal 6,3 % campuran dengan pemanasan ulang mempunyai perbedaan flow 0,423 mm di atas campuran tanpa pemanasan ulang, kadar aspal 6,7 % berbeda 0,339 mm, kadar aspal 7,1 % selisih 0,169 mm dan pada kadar aspal 7,5 % terjadi perbedaan 0,338 mm, sehingga kenaikan terbesar pada kadar aspal 6,3 % dan paling kecil pada kadar aspal 7,1 %.
5. Nilai Marshall Quotient (MQ) secara umum juga mengalami peningkatan kecuali pada kadar aspal 6,7 % serta hanya pada kadar aspal 7,5 % nilai MQ melebihi spesifikasi 200 Kg/mm - 350 Kg/mm Pada gambar 6.5 tampak bahwa MQ masih berada di dalam batas spesifikasi kecuali campuran tanpa pemanasan ulang dengan kadar aspal 6,3 % dan campuran dengan pemanasan ulang pada kadar aspal 7,5 % berada di atas batas maksimum spesifikasi MQ. Pada kadar aspal 6,3 % nilai MQ campuran tanpa pemanasan ulang berada di atas campuran dengan pemanasan ulang sebesar 142,327 poin, namun pada kadar aspal 6,7 % campuran dengan pemanasan ulang mempunyai selisih MQ 30,627 poin lebih tinggi dibanding campuran tanpa pemanasan ulang, begitu pula pada kadar aspal 7,1 % berbeda 22,252 poin dan juga pada kadar 7,5 % mempunyai perbedaan sebesar 77,864 poin.

Secara umum MQ campuran aspal yang mengalami pemanasan ulang mempunyai nilai yang lebih besar dari MQ campuran tanpa pemanasan ulang yang berarti campuran dengan pemanasan ulang bersifat lebih kaku.

6. Pada kadar aspal 6,3 % campuran dengan pemanasan ulang selisih $0,05 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ dibawah campuran tanpa pemanasan ulang dan juga pada kadar aspal 6,7 % berbeda $0,09 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$. Sedangkan pada kadar aspal 7,1 % campuran dengan pemanasan ulang selisih $0,15 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ serta pada 7,5 % berbeda $0,48 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ diatas campuran tanpa pemanasan ulang.

Secara keseluruhan nilai modulus kekakuan campuran dengan pemanasan ulang semakin tinggi sesuai dengan kenaikan kadar aspal sedangkan campuran yang tanpa mengalami pemanasan ulang, kenaikan kadar aspal justru akan menurunkan nilai modulus kekakuan campuran.

7. Pengujian secara keseluruhan dari campuran yang mengalami pemanasan ulang berdasarkan kriteria disain Marshall yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga dan SKBI 1987 menunjukkan bahwa hanya campuran dengan kadar aspal 6,7 % yang memenuhi semua kriteria disain sehingga dapat digelar.

7.2 Saran

1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang memuaskan perlu adanya persiapan yang benar-benar matang dan ketelitian dalam tahap pelaksanaan penelitian.

2. Penelitian masalah pemanasan ulang SMA + S ini sangat menarik karena relatif masih baru di Indonesia sehingga masih perlu adanya tindak lanjut bagi para praktikan. Setelah variasi kadar aspal ini, perlu ditinjau lagi variasi suhu pemadatan maupun penambahan tumbukan/pemadatan yang mungkin juga berpengaruh dalam meningkatkan mutu campuran tersebut sehingga bisa digunakan lagi sekaligus dapat memberi masukan bagi para pelaksana untuk penghematan biaya serta efisiensi sumber daya yang mengacu pada pembangunan yang ramah lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

1. Asphalt Institute, “**Principles of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavements**”, Manual Series No. 22, Januari 1983.
2. Brown, Stephen, **The Shell Bitumen Handbook**, Shell Bitumen U. K., 1990
3. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)**, 13/PT/B/1983
4. E.J. Yoder and Matthew W. Witzak, **Principles of Pavement Design**, 1975
5. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan UII, **Panduan Praktikum Jalan Raya IV**, Yogyakarta
6. Moh. Ali Khairuddin, **Tinjauan Umum Hasil Aplikasi Split Mastic Asphalt**, Jakarta, 1993
7. Silvia Sukirman, **Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Bandung, 1992
8. Suprpto Totomiharjo, **Bahan dan Struktur Jalan Raya**, Biro Penerbit KMTS UGM, 1995



LABORATORIUM JALAN RAYA

Lampiran 1

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASASI TEST) AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : CEPERENG, KULON PROGO DKERJAKAN OLEH : _____
 Jenis Contoh : _____
 DI TEST TANGGAL : APRIL 1996 DIPERIKSA : _____
 Untuk Proyek : RE-HEATING SMA+S.

JENIS GRADASI SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		3209	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		34,22 %	

Yogyakarta, 22-06 1996

Kepala Lab. Jalan Raya FT. UII



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : CREENG, KULON PROGO Diperiksa Oleh : _____
 Jenis Contoh : AGREGAT KASAR PERTAHAN # 4 _____
 Diperiksa tgl : MARET 1996 _____

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	1009	
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA)	628,5	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	995	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,628	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,652	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,692	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	0,9 %	

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : CLERENG, KULONPROGO Diperiksa Oleh : _____
 Jenis Contoh : AGREGAT HALUS (LOKOS #4) _____
 Diperiksa tgl : APRIL 1996 _____

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500	
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	688	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	1006	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	485	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,665	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,747	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,909	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	3,093 %	

Yogyakarta, 22-06-1996



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL

Contoh dari : CERENG, KULON PROGO Diperiksa Oleh : _____
 Jenis Contoh : _____
 Diperiksa tgl : APRIL 1996 . _____

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	140 °C	10.35 WIB
SELESAI PEMANASAN	110 °C	10.45 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
M U L A I	40 °C	10.55
S E L E S A I	29 °C	13.00
DIPERIKSA		
M U L A I	29 °C	13.00
S E L E S A I	29 °C	08.00

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPHAL
I	> 95 %
II	
RATA-RATA	

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

SAND EQUIVALENT DATA AASHTO T 176 - 73

Sample : _____ Dikerjakan Oleh : _____
 Lokasi : _____
 Test Tgl. : _____ Diperiksa Oleh : _____
 Tesai Tgl. : _____

TRIAL NUMBER		1	2	3
Soaking (10.1 Min)	Start	14.15		
	Stop	14.20		
Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec)	Start	14.20		
	Stop	14.40		
Clay Reading		5"		
Sand Reading		4,2"		
SE = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$		84		
Average Sand Equivalent		16		
Remark : _____				

Yogyakarta 22 - 06 - 1996



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT

ASAL MATERIAL : CIERENG KULON PROGO DIKERJAKAN OLEH :
 JENIS CONTOH : Aspal 6,3% + S 3% 1. _____
 PEKERJAAN : _____ 2. _____
 L O K A S I : _____ DIPERIKSA :
 DI TEST TANGGAL : _____

SARINGAN	BERAT TER TAHAN	JUMLAH BERAT TERTAHAN	% TERTAHAN	% LOLOS
1/2	-	-	0	100
7/16	56,04	56,04	5	95
5/16	364,26	420,3	37,5	62,5
4,75	252,18	672,48	60	40
10	168,12	840,6	75	25
25	67,248	907,848	81	19
60	44,832	952,68	85	15
170	50,436	1003,116	89,5	10,5
PAN	117,684	1120,8		

Yogyakarta, 22 - 06 1996

Kepala lab. Jalan Raya FT. UII



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT

ASAL MATERIAL : CLERENG, KULON PROGO DIKERJAKAN OLEH :
 JENIS CONTOH : Aspal 67% + S 3% 1. _____
 PEKERJAAN : _____ 2. _____
 L O K A S I : _____ DIPERIKSA :
 DI TEST TANGGAL : _____

SARINGAN	BERAT TER TAHAN	JUMLAH BERAT TERTAHAN	% TERTAHAN	% LOLOS
1/2	-	-	0	100
7/16	55,8	55,8	5	95
5/16	362,7	418,5	37,5	62,5
4,75	251,1	669,6	60	40
10	167,4	837,0	75	25
25	66,96	903,96	81	19
60	44,64	948,6	85	15
170	50,22	998,82	89,5	10,5
PAY	117,18	1116		

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996

Kepala lab. Jalan Raya FT. UII



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT

ASAL MATERIAL : CLEPENG, KULONPROGO DIKERJAKAN OLEH :
 JENIS CONTOH : Aspal 77% + S 3% 1. _____
 PEKERJAAN : _____ 2. _____
 L O K A S I : _____ DIPERIKSA :
 DI TEST TANGGAL : _____

SARINGAN	BERAT TER TAHAN	JUMLAH BERAT TERTAHAN	% TERTAHAN	% LOLOS
1/2	-	-	0	100
7/16	55,98	55,56	5	95
5/16	361,14	416,7	37,5	62,5
4,75	250,02	666,72	60	40
10	166,68	833,4	75	25
25	66,672	900,072	81	19
60	44,448	944,52	85	15
170	50,004	994,524	89,5	10,5
PAN	116,676	1111,2		

Yogyakarta, 22-01- 1996

Kepala lab. Jalan Raya FT. UII



[Handwritten Signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Demangan Baru No. 24 Telepon (0274) 5490 Yogyakarta 55281

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT

ASAL MATERIAL : CEPERENG . KUDON PROGO DIKERJAKAN OLEH :
 JENIS CONTOH : Aspal 7,5% + S 3% 1. _____
 PEKERJAAN : _____ 2. _____
 L O K A S I : _____ DIPERIKSA :
 DI TEST TANGGAL : _____

SARINGAN	BERAT TER TAHAN	JUMLAH BERAT TERTAHAN	% TERTAHAN	% LOLOS
1/2	-	-	0	100
7/16	551,32	551,32	5	95
5/16	359,158	414,9	37,5	62,5
4,75	248,94	663,84	60	40
10	165,96	829,8	75	25
25	66,384	896,184	81	19
60	44,256	940,44	85	15
170	49,788	990,228	89,5	10,5
PAN	116,172	1106,4		

Yogyakarta, 22 - 01 - 1991

Kepala lab. Jalan Raya FT. UII



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

Contoh dari : PT. PERWITA KARYA YK. Diperiksa Oleh :
 Jenis Contoh : AC 60/70 PRODUKSI PERTAMINA
 Diperiksa tgl : APRIL 1996.

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27°C	10.24 WIB
SELESAI PEMANASAN	150°C	10.50 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	150°C	10.50
SELESAI	27°C	12.05
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C)		
MULAI	27°C	12.25
SELESAI	25°C	13.55
DIPERIKSA		
MULAI	25°C	13.55
SELESAI	25°C	14.20

HASIL PENGAMATAN

NO.	CAWAN (I)	CAWAN (II)	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1.	72	71	
2.	74	70	
3.	73	69	
4.	72	70	
5.	79	69	

Yogyakarta, 22-06-1996



[Handwritten signature]

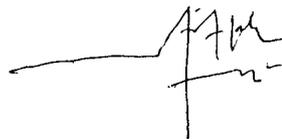


**PEMERIKSAAN
BERAT JENIS ASPHAL**

Contoh dari : PT. PERWITA KARYA YK. Diperiksa Oleh : _____
Jenis Contoh : AC. 60/70 PRODUKSI PERTAMINA _____
Diperiksa Tgl : APRIL 1996. _____

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vionometer kosong	27,9 gram
2.	Berat vionometer + Aquadest	78,14 gram
3.	Berat air (2 - 1)	50,24 gram
4.	Berat vionometer + Asphal	29,37 gram
5.	Berat Asphal (4 - 1)	1,47 gram
6.	Berat vionometer + Asphal + Aquadest	79,61 gram
7.	Berat airnya saja (6 - 4)	50,24 gram
8.	Volume Asphal (3 - 7)	0 gram
9.	Berat Jenis Ashal : berat/vol (5/8)	1,0208

Yogyakarta, _____
Kepala Lab. Jalan Raya UII.



PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL

Contoh dari : CUERENO, KULON PROGO Diperiksa Oleh : _____
 Jenis Contoh : AC 60/70 PERTAMINA _____
 Diperiksa tgl : APRIL 1996. _____

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27 °C	9.45 WIB
SELESAI PEMANASAN	140 °C	10.45 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140 °C	10.45
SELESAI	27 °C	11.45
DIPERIKSA		
MULAI	5 °C	11.45
SELESAI	55 °C	11.55

HASIL PENGAMATAN

NO	SUHU YG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	5	13.16		→ 54°C	
2.	10	13.17			
3.	15	13.19			
4.	20	13.21			
5.	25	13.23			
6.	30	13.25			
7.	35	13.27			
8.	40	13.29			
9.	45				
10.	50				
11.	55				

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996



[Handwritten Signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPHAL

Contoh dari : PT. PERWITA KARYA YOGYAKARTA Diperiksa Oleh : _____
 Jenis Contoh : AC. 60/70 PRODUKSI PERTAMINA _____
 Diperiksa tgl : APRIL 1996 _____

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	24 °C	09.45 WIB
SELESAI PEMANASAN	140 °C	10.00 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140 °C	10.00
SELESAI	27 °C	12.35
DIPERIKSA		
MULAI	27 °C	12.40
SELESAI	372 °C	13.07

HASIL PENGAMATAN

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	352 °C	372 °C
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

dari : DT. PERWITA KARYA YOGYAKARTA
 contoh : AC 60/70 PRODUKSI PERTAMINA
 jaan : RENELITIAN PE-HEATING SMA + S.
 ima tanggal : _____
 ai tanggal : _____

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL 4 (SOLUBILITY)

Pembukaan contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	Jam		
	Selesai	Jam		
PEMERIKSAAN				
1. Penimbangan	Mulai	11.30 Jam	11.30	
2. Pelarutan	Mulai	11.35 Jam	11.35	
3. Penyaringan	Mulai	Jam	13.00	
	Selesai	Jam	13.10	
4. Di Oven	Mulai	Jam	13.15	
	Selesai	Jam	13.45	

- | | | | |
|--|---|------|----|
| 1. Berat botol Erlenmeyer kosong | = | 74 | gr |
| 2. Berat erlenmeyer + aspal | = | 76 | gr |
| 3. Berat aspal (2 - 1) | = | 2 | gr |
| 4. Berat kertas saring bersih | = | 0,62 | gr |
| 5. Berat kertas saring + endapan | = | 0,64 | gr |
| 6. Berat endapannya saja. (5 - 4) | = | 0,02 | gr |
| 7. Persentase endapan ($\frac{6}{3} \times 100\%$) | = | 1% | gr |
| 8. Bitumen yang larut (100% - 7) | = | 99% | gr |

Yogyakarta, 22 - 06 - 1996



[Handwritten signature]



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

girim contoh : _____ Dikerjakan Oleh : _____
 s Contoh Aspal : AC. 60/70 PERTAMINA _____
 uk Pekerjaan Jalan : RE-HEATING SMA + S _____
 toh Diterima tgl : _____ Diperiksa Oleh : _____
 :sai Dikerjakan tgl : _____

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE

Persiapan benda Uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda Uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu 25°C	60 menit	Pembacaan suhu Water Bath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Periksaan	Daktilitas pd 25°C 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

DAKTILITAS pada 25°C 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	137 cm
Pengamatan II
Rata-rata (I + II)

Yogyakarta, 22 - 06 - 96 _____





PT. KALIA PERSADA
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Pekerjaan / Proyek : REHABILITASI PE-HEATING SMA + S
 Pengirim sample :
 Jenis campuran : SMA + S TANPA RE-HEATING.
 Tanggal : APRIL 1996

Dikerjakan oleh

Diperiksa oleh

**PERHITUNGAN TEST MARSHALL
 UNTUK CAMPURAN SMA + S TANPA PEMANASAN ULANG**

No.	T bend. uji	% Aspal Thd. bat.	% Aspal Thd. Camp.	Berat Kering	Berat SSD	Berat Dim. Air	Vol./isi	Berat/isi	B.J. Maks.	i	j	Kand. Rongga	Rongga Thd. Agr.	Rongga Tertisi Aspal	Pemb. Arloji	Koreksi	Stabilitas	Flow	MQ
1	63,7	6,745	6,3	1184	1192	683	509	2,32813	2,3899784	14,356	82,357	3,286780629	17,64279248	81,37040589	404	1440	1444,176	2,54	568,57323
2	66,583	6,745	6,3	1182,8	1190	670	520	2,27482	2,3899784	14,038	79,974	5,987633237	20,025718	70,10028186	407	1451	1452,596	3,302	439,91399
3	65,15	6,745	6,3	1185	1196	678	518	2,28784	2,3899784	14,118	80,432	5,449113615	19,56761103	72,15228178	423	1507	1516,494	3,302	459,26529
Av.	65,144333	6,745	6,3	1183,93333	1192,667	677	515,667	2,29613	2,3899784	14,171	80,921	4,907842494	19,07670717	74,54102317	411,3333333	1466	1471,089	3,048	489,25084
1	63,383	7,204	6,7	1185	1186	679	507	2,33728	2,3978382	15,341	82,399	2,290665173	17,6013424	87,15628114	375	988	990,8652	3,048	325,08701
2	63,457	7,204	6,7	1183	1193	668	525	2,25333	2,3978382	14,79	79,439	5,771033182	20,5607406	71,93178352	350	900	860,13	3,556	241,88133
3	63,248	7,204	6,7	1182,9	1189	674	515	2,29689	2,3978382	15,076	80,975	3,949464426	19,02507617	79,24074316	280	935	886,941	3,048	290,99114
Av.	63,382667	7,204	6,7	1183,63333	1189,333	673,666667	515,667	2,29583	2,3978382	15,069	80,938	3,983720927	19,06238639	79,44299927	328,3333333	941	912,8454	3,21733	285,96849
1	63,35	7,667	7,1	1172,4	1179	672	507	2,31243	2,3840779	16,084	81,173	2,743302858	18,82698708	85,42888012	255	918	878,3424	3,81	230,53606
2	64,157	7,667	7,1	1182,5	1187	660	527	2,24383	2,3840779	15,607	78,765	5,628208285	21,23480548	73,49536218	342	1223	1223,489	3,302	370,52968
3	63,483	7,667	7,1	1188,5	1192	675	517	2,29884	2,3840779	15,989	80,896	3,314731129	19,30391623	82,8287116	250	900	840,15	3,556	236,26265
Av.	63,683333	7,667	7,1	1181,33333	1186	669	517	2,28503	2,3840779	15,893	80,211	3,895414091	19,78856996	80,58431797	282,3333333	1013,67	980,6605	3,556	279,10947
1	64,117	8,135	7,5	1174	1179	664	515	2,27961	2,3704746	16,749	79,677	3,574702598	20,32341671	82,41091723	336	1202	1206,568	3,81	316,68451
2	64,417	8,135	7,5	1181	1190	675	515	2,2932	2,3704746	16,849	80,152	2,999764699	19,84834339	84,89657396	245	883	883,9713	3,556	248,56585
3	64,97	8,135	7,5	1185	1192	675	517	2,29207	2,3704746	16,84	80,112	3,047742384	19,89788753	84,67546111	255	918	923,7834	3,556	259,78161
Av.	64,501333	8,135	7,5	1180	1187	671,3333333	515,667	2,2883	2,3704746	16,813	79,98	3,207403223	20,01991588	83,9909841	278,6666667	1001	1004,774	3,64057	275,01733

Suhu pemadatan : ± 140°C
 Suhu waterbath : 60°C
 B.J. Aspal : 1,0208
 B.J. Agregat : 2,6465
 Tanda tangan



PT. KALIAJAYA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Lampiran

Pekerjaan / Proyek : PENELITIAN PE - HEATING SMA + S

Dikerjakan oleh :

Penerima sample :

Jenis campuran : SMA + S DENGAN PE - HEATING

Diperiksa oleh :

Tanggal : APRIL 1996

**PERHITUNGAN TEST MARSHALL
UNTUK CAMPURAN SMA + S DENGAN PEMANASAN ULANG**

No.	T bend uji	% Aspal Thd. bat.	% Aspal Thd. Camp.	Bejat Kering	Bejat SSD	Berat Dim. Air	Vol./isi	Berat Isi	B.J. Maks.	i	j	Kand. Rongga	Rongga Thd. Agr.	Rongga Terisi Aspal	Pemb. Arloji	Koreksi	Stabilitas	Flow	MC
1	66,556	6,745	6,3	1191,5	1195	679	516	2,30911	2,3699784	14,251	81,755	3,994466517	18,24543019	78,10703023	286	1027	917,625	3,048	301,05807
2	68,883	6,745	6,3	1190,5	1196	682	514	2,31615	2,3699784	14,294	82,004	3,701793006	17,99620084	79,43014173	398	1419	1324,211	3,556	372,3878
3	67,85	6,745	6,3	1179	1187	685	522	2,25862	2,3699784	13,939	79,967	6,093593394	20,03296481	69,58216893	420	1496	1389,508	3,81	367,32493
Av.	67,763	6,745	6,3	1192,667	1192,667	675,3333333	517,333	2,29463	2,3699784	14,162	81,242	4,595617639	18,75819862	75,70644687	368	1314	1213,781	3,47133	346,9236
1	64,9	7,204	6,7	1189,3	1194,2	672	522,2	2,27748	2,3978382	14,948	80,291	4,761282268	19,70947516	75,84267338	305	1093	1077,042	3,556	302,8802
2	64,61	7,204	6,7	1183	1186,5	667,7	518,8	2,28026	2,3978382	14,966	80,389	4,644835275	19,61138939	76,31511972	350	1251	1195,581	3,81	313,80079
3	64,86	7,204	6,7	1185	1190	675	515	2,30097	2,3978382	15,102	81,119	3,778946102	18,88132155	79,98579658	345	1233	1100,083	3,302	333,15657
Av.	64,79	7,204	6,7	1185,76667	1190,233	671,5666667	518,667	2,28624	2,3978382	15,006	80,599	4,395064555	19,4007287	77,38119456	333,3333333	1192,33	1124,235	3,556	316,61252
1	63,683	7,667	7,1	1128	1136	642	494	2,2834	2,3840779	15,882	80,154	3,964054376	19,8458586	80,02578545	317	1135	969,744	3,556	272,70641
2	64,983	7,667	7,1	1180	1185	676	508	2,31627	2,3840779	16,124	81,378	2,497468574	18,62180728	86,58847374	349	1247	1082,895	3,81	284,22441
3	65,43	7,667	7,1	1187	1198	683	515	2,30485	2,3840779	16,031	80,907	3,061754246	19,09277503	83,96380704	393	1402	1322,647	3,81	347,15144
Av.	64,69867	7,667	7,1	1185	1173	667	506	2,30218	2,3840779	16,012	80,813	3,174425732	19,18681984	83,52802207	353	1261,33	1125,095	3,72533	301,36075
1	64,45	8,135	7,5	1172	1178,2	674,3	503,9	2,32586	2,3704746	17,088	81,293	1,618515254	16,70701181	91,34808237	458	1630	1544,751	3,81	405,44646
2	63,783	8,135	7,5	1176	1181	681	500	2,352	2,3704746	17,281	82,207	0,512747658	17,79331192	97,11831243	481	1710	1601,586	4,318	370,90922
3	63,967	8,135	7,5	1177	1184	682	502	2,34462	2,3704746	17,226	81,949	0,824850253	18,05120346	95,43049717	443	1577	1518,02	3,81	398,43045
Av.	64,06667	8,135	7,5	1175	1181,067	679,1	501,987	2,34083	2,3704746	17,198	81,816	0,985371055	18,1838424	94,63229732	460,6666667	1639	1554,786	3,81	397,983

- Suhu pematatan : ± 140°C
 - Suhu waterbath : 60°C
 - B.J. Aspal : 1,0208
 - B.J. Agregat : 2,6465
 - Tanda tangan :

No.	% Aepal Thd. Camp.	Berat Kering	Vol./lei	BJ Camp.	Na	Ma	Mb	max	Vx	Vb	Vg	Cy	Cy'	Cb	n	Smbx (x 10 ⁶ N/m ²)
1	6.3	1184	509	2.32612967	79.2	93.4	6.0	2.39478442	2.86864471	15.0396315	82.0935238	0.8451648	0.84629108	0.1548352	2.9897	1.728857532
2	6.3	1182.8	520	2.27481638	79.2	93.4	6.0	2.39478442	5.0179478	14.708565	80.2754872	0.8451648	0.82844717	0.1548352	2.9897	1.257688536
3	6.3	1185	518	2.28784478	79.2	93.4	6.0	2.39478442	4.47387384	14.7090988	80.7353105	0.8451648	0.83288007	0.1548352	2.9897	1.356877671
Ar.	6.3	1183.93333	515.667	2.28912995	79.2	93.4	6.0	2.39478442	4.11955538	14.8458678	81.0347769	0.8451648	0.83587597	0.1548352	2.9897	1.44784058
1	6.7	1165	507	2.33727811	84	93	7	2.38105903	1.83871893	16.0275732	82.1337101	0.83672205	0.84655293	0.16327795	2.9897	1.050114469
2	6.7	1183	525	2.25333333	84	93	7	2.38105903	5.39423918	15.4519331	79.1838277	0.83672205	0.81739983	0.16327795	2.9897	1.342454544
3	6.7	1182.9	515	2.2988932	84	93	7	2.38105903	3.59480656	15.7406391	80.7145543	0.83672205	0.83227101	0.16327795	2.9897	1.37869458
Ar.	6.7	1183.93333	515.667	2.29683488	84	93	7	2.38105903	3.57925412	15.7433818	80.677364	0.83672205	0.83207350	0.16327795	2.9897	1.383287269
1	7.1	1172.4	507	2.31242604	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.32584088	16.782765	80.9108826	0.82837552	0.81039017	0.17162448	2.9897	0.941600491
2	7.1	1182.5	527	2.24383302	88.8	92.6	7.4	2.36749009	5.22312937	16.2880308	78.5109397	0.82837552	0.82920704	0.17162448	2.9897	1.273940061
3	7.1	1188.5	517	2.29883946	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.89872181	16.0647845	80.4354938	0.82837552	0.82452173	0.17162448	2.9897	1.190611040
Ar.	7.1	1181.13333	517	2.28403284	88.8	92.6	7.4	2.36749009	3.48289738	16.5649873	79.8524053	0.82837552	0.81878761	0.17162448	2.9897	1.073549781
1	7.5	1174	515	2.27961165	93.6	92.2	7.8	2.35407491	3.18318456	17.4186627	79.4181727	0.82012359	0.82359489	0.17987641	2.9897	1.159108236
2	7.5	1181	515	2.29320388	93.6	92.2	7.8	2.35407491	2.58577287	17.5225218	79.8917053	0.82012359	0.82313883	0.17987641	2.9897	1.151581992
3	7.5	1185	517	2.29208063	93.6	92.2	7.8	2.35407491	2.83996532	17.513865	79.8521897	0.82012359	0.82181971	0.17987641	2.9897	1.128078986
Ar.	7.5	1180	515.667	2.28829506	93.6	92.2	7.8	2.35407491	2.78429758	17.4860132	79.7206893	0.82012359	0.82181971	0.17987641	2.9897	1.128078986

PERHITUNGAN MODULUS KEKAKUAN CAMPURAN (S.MIX)
UNTUK CAMPURAN SMA + S DENGAN PEMANASAN ULANG

No.	% Aepal Thd. Camp.	Berat Kering	Vol./lei	BJ Camp.	Na	Ma	Mb	max	Vx	Vb	Vg	Cy	Cy'	Cb	n	Smbx (x 10 ⁶ N/m ²)
1	6.3	1191.5	516	2.30910853	79.2	93.4	6.0	2.39478442	3.2836581	14.9750939	81.741247	0.8451648	0.84277419	0.1548352	2.9897	1.619102468
2	6.3	1190.5	514	2.31814786	79.2	93.4	6.0	2.39478442	5.88584487	14.903151	79.7110041	0.8451648	0.82306872	0.1548352	2.9897	1.150117347
3	6.3	1179	522	2.26820889	79.2	93.4	6.0	2.39478442	4.18239913	14.825942	80.9816889	0.8451648	0.83528881	0.1548352	2.9897	1.414808236
Ar.	6.3	1187	517.333	2.29462569	79.2	93.4	6.0	2.39478442	4.3839577	14.804729	80.8113133	0.8451648	0.83370717	0.1548352	2.9897	1.394709883
1	6.7	1189.3	522.2	2.27747989	84	93	7	2.38105903	4.23327982	15.8366939	80.1301293	0.83672205	0.82652894	0.16327795	2.9897	1.217879882
2	6.7	1183	518.8	2.28026214	84	93	7	2.38105903	3.3935521	15.778012	80.8578487	0.83672205	0.82868271	0.16327795	2.9897	1.37581028
3	6.7	1185	515	2.30097087	84	93	7	2.38105903	3.98232034	15.677767	80.3401087	0.83672205	0.82868271	0.16327795	2.9897	1.26056255
Ar.	6.7	1185.76667	518.667	2.28523764	84	93	7	2.38105903	3.85971742	15.6978684	80.4426942	0.83672205	0.82980093	0.16327795	2.9897	1.284785132
1	7.1	1128	494	2.28340081	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.07895136	16.8058488	81.1153968	0.82837552	0.83607619	0.17162448	2.9897	1.434889423
2	7.1	1180	509	2.31827112	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.84585916	16.7083679	80.645953	0.82837552	0.83132123	0.17162448	2.9897	1.320662935
3	7.1	1187	515	2.30485437	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.75881427	16.6889877	80.5522181	0.82837552	0.83037828	0.17162448	2.9897	1.249558281
Ar.	7.1	1185	506	2.30217543	88.8	92.6	7.4	2.36749009	2.49447493	16.7343348	80.7711903	0.82837552	0.8325819	0.17162448	2.9897	1.35164988
1	7.5	1172	503.9	2.32585631	93.6	92.2	7.8	2.35407491	0.88914137	17.6717888	81.9400716	0.82012359	0.84472066	0.17987641	2.9897	1.678683005
2	7.5	1178	500	2.362	93.6	92.2	7.8	2.35407491	0.40157601	17.8154073	81.6630187	0.82012359	0.84200238	0.17987641	2.9897	1.686270503
3	7.5	1177	502	2.34462151	93.6	92.2	7.8	2.35407491	0.5627819	17.884102	81.5508078	0.82012359	0.84091111	0.17987641	2.9897	1.558203586
Ar.	7.5	1175	501.967	2.34082661	93.6	92.2	7.8	2.35407491	0.35083309	17.9245348	81.7246521	0.82012359	0.84244472	0.17987641	2.9897	1.610385701