

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP
PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT
YANG MENGALAMI PEMANASAN ULANG**



Disusun Oleh :

SRI AMINATUN

No. Mhs. 86 310 019

FARIDA NURHARYATI

No. Mhs. 88 310 216

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
1997**

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP
PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT
YANG MENGALAMI PEMANASAN ULANG**

SRI AMINATUN

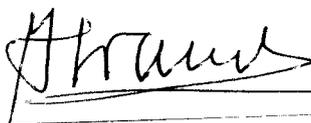
No. Mhs. 86 310 019

FARIDA NURHARYATI

No. Mhs. 88 310 216

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

I. Wardhani Sartono, MSc.
Pembimbing I


Tanggal : 27-03-97

Subarkah, MT.
Pembimbing II


Tanggal : 27-03-97

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "PENGARUH JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP PERILAKU CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT YANG MENGALAMI PEMANASAN ULANG".

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

Penulis menyadari dalam menyusun Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan saran-kritik yang membangun. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga Kepada Yang Terhormat :

1. Bapak Ir. Susastrawan SU, selaku Dekan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Wardhani Sartono, MSc., selaku dosen pembimbing I pada tugas akhir ini.

4. Bapak Ir. Subarkah , MT., selaku dosen pembimbing II pada tugas akhir ini.
5. Saudara Syamsudin dan saudara Sukamto, selaku staf Laboratorium Jalan Raya FTSP UII.
6. Semua pihak yang telah membantu hingga selesainya laporan tugas akhir ini.

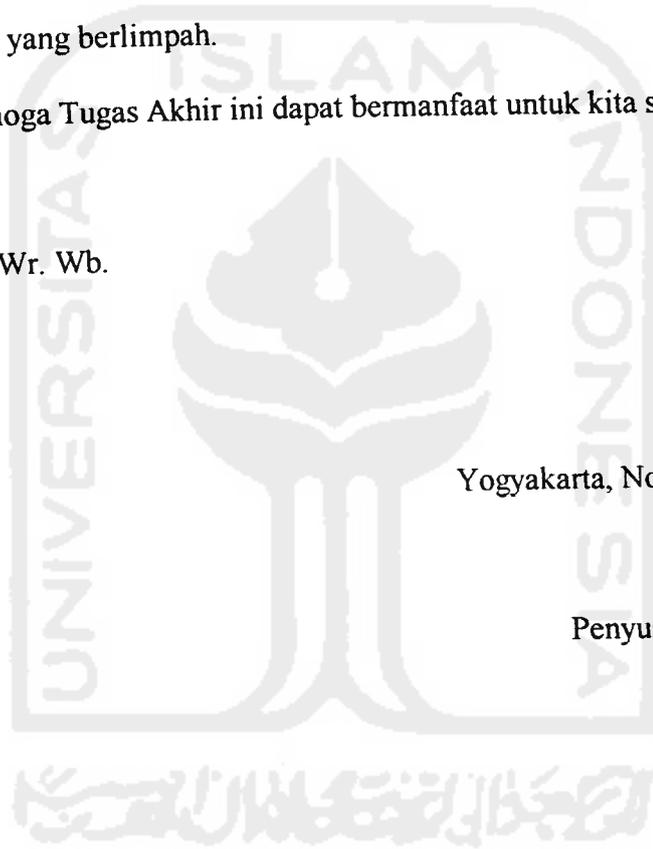
Semoga amal baik yang telah diberikan diterima oleh Allah SWT, serta mendapatkan balasan yang berlimpah.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Nopember 1996

Penyusun



DAFTAR ISI

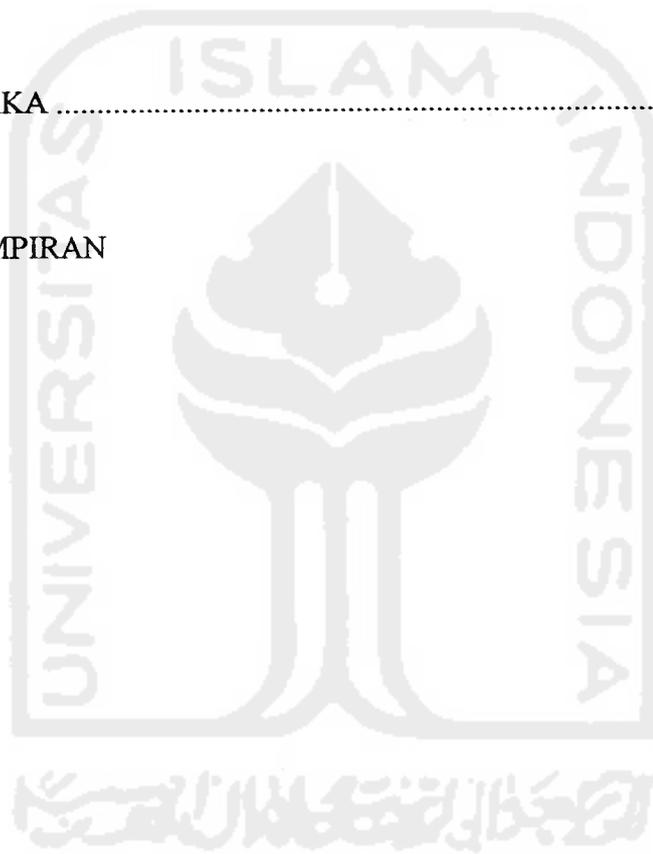
	Halaman
LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI	xi
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Manfaat Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pemasaran	4
2.2 Pemanasan Campuran	4

2.3 Aspal	5
2.4 Agregat	5
2.5 Filler	7
2.6 Bahan Tambah	8
2.7 Splith Mastic Asphalt	9
2.8 Marshall Test	10
2.9 Modulus Kekakuan	11
2.9.1 Kekakuan Aspal (Asphalt Stiffness)	11
2.9.2 Kekakuan Campuran (Mix Stiffness)	15
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Perkerasan Jalan	20
3.2 Karakteristik Perkerasan	22
3.2.1 Stabilitas	22
3.2.2 Keawetan (Durabilitas)	23
3.2.3 Fleksibilitas (Kelenturan)	24
3.2.4 Tahanan Gesek/Kecepatan (Skid Resistance)	24
3.2.5 Ketahanan Kelelahan (Fatigue Resistance)	25
3.2.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (Workability)	25
3.3 Syarat-syarat Kekuatan Struktural	25
3.4 Split Mastic Asphalt (SMA)	27

3.4.1 Pengertian Umum	27
3.4.2 Spesifikasi Teknik (Bina Marga) tahun 1992	27
3.4.3 Sifat-sifat SMA	27
3.4.4 Bahan Pendukung	28
BAB IV HIPOTESIS	36
BAB V CARA PENELITIAN	37
5.1 Diagram Alir Kegiatan Laboratorium	37
5.2 Bahan	38
5.2.1 Asal Bahan	38
5.2.2 Persyaratan Dan Pengujian Bahan	38
5.3 Perencanaan Campuran Ideal	41
5.3.1 Gradasi Agregat Ideal	41
5.3.2 Kadar Aspal	42
5.3.3 Kadar Serat Selulosa	42
5.3.4 Filler	42
5.4 Pembuatan Benda Uji	43
5.5 Pengujian Benda Uji	44
5.5.1 Persiapan Benda Uji	44
5.5.2 Cara Pengujian	44

5.5.3 Peralatan	45
5.5.4 Anggapan Dasar	46
5.5.5 Cara Analisis	47
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
6.1 Hasil Penelitian	51
6.1.1 Hasil Pengujian Bahan	51
6.1.2 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum	52
6.1.3 Hasil Pengujian	54
6.2 Pembahasan	56
6.2.1 Pengaruh Terhadap VIM (Void In Mix)	56
6.2.2 Pengaruh Terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)	58
6.2.3 Pengaruh Terhadap Stabilitas	59
6.2.4 Pengaruh Terhadap Flow	60
6.2.5 Pengaruh Terhadap Nilai QM (Quotient Marshall)	61
6.2.6 Perbandingan Jumlah Tumbukan Pada Campuran Yang Mengalami Pemanasan Ulang Dengan Campuran Yang Belum Mengalami Pemanasan Ulang Pada Tumbukan 75 kali	62
6.2.7 Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi	63
6.2.8 Modulus Kekakuan Aspal (S Bit)	64
6.2.9 Modulus Kekakuan Campuran (S Mix)	67

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	71
7.1 Kesimpulan	71
7.2 Saran-saran	72
PENUTUP	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN-LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 3.1 Gradasi agregat Split Mastic Asphalt	30
2. Tabel 3.2 Persyaratan AC Pen. 60/70 SNI No. 1737.1989-F	31
3. Tabel 3.3 Gradasi Material Filler	34
4. Tabel 3.4 Hasil pengujian serat Selulosa	35
5. Tabel 5.1 Gradasi Agregat Ideal untuk SMA	42
6. Tabel 5.2 Angka koreksi tabel benda uji	50
7. Tabel 6.1 Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian laboratorium	51
8. Tabel 6.2 Persyaratan agregat halus dan hasil pengujian laboratorium	51
9. Tabel 6.3 Persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil penelitian laboratorium	52
10. Tabel 6.4 Hasil uji Marshall dengan variasi aspal	54
11. Tabel 6.5 Hasil uji Marshall setelah penurunan suhu	56
12. Tabel 6.6 Hasil uji Marshall standar	56
13. Tabel 6.7 Hasil uji Marshall antara campuran standar dengan campuran yang mengalami pemanasan ulang	62
14. Tabel 6.8 Hasil uji Marshall di laboratorium	64
15. Tabel 6.9 Perhitungan kekakuan campuran yang mengalami pemanasan ulang dari nomogram Shell	69
16. Tabel 6.10 Perhitungan kekakuan campuran standar dari nomogram Shell	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1 Nomogram untuk menetapkan kekakuan bitumen (S bit)	13
2. Gambar 2.2 Nomogram penentuan kekakuan campuran	19
3. Gambar 3.1 Grafik analisa gradasi Ideal Split Mastic Asphalt	30
4. Gambar 3.2 Grafik gradasi material filler	34
5. Gambar 6.1 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan VIM	57
6. Gambar 6.2 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan VFWA	58
7. Gambar 6.3 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan Stabilitas	59
8. Gambar 6.4 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan Flow	60
9. Gambar 6.5 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan Quotient Marshall	61
10. Gambar 6.6 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan nilai kekakuan campuran	70

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Pemeriksaan keausan agregat.
- Lampiran 2 : Pemeriksaan berat jenis agregat kasar.
- Lampiran 3 : Pemeriksaan berat jenis agregat halus.
- Lampiran 4 : Pemeriksaan berat jenis aspal.
- Lampiran 5 : Pemeriksaan penetrasi aspal.
- Lampiran 6 : Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal.
: Pemeriksaan titik lembek aspal.
- Lampiran 7 : Pemeriksaan daktilitas.
: Pemeriksaan kelekatan aspal.
- Lampiran 8 : Pemeriksaan kelarutan dalam CCl₄.
: Pemeriksaan sand equivalent.
- Lampiran 9 : Hasil Uji Marshall.

DAFTAR NOTASI

a	: % agregat max size 3/4"
B	: Berat jenis (bulk) dari total agregat
b	: % agregat max size 1/2"
c	: % debu batu
Cb	: Konsentrasi volume aspal.
Cv'	: Modifikasi rongga volume agregat.
d	: % pasir
F1	: BJ semu (apparent) agregat max size 3/4"
F2	: BJ semu (apparent) agregat max size 1/2"
F3	: BJ semu (apparent) debu batu
F4	: BJ semu (apparent) pasir
Ga	: Berat jenis campuran agregat
Gb	: Berat bahan ikat campuran
I	: Rumus substitusi
i	: Angka koreksi tebal benda uji
L	: % rongga terhadap agregat
l	: Panjang jejak roda kendaraan.
MA	: Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).
MB	: Perbandingan berat daya ikat bitumen dengan total berat campuran (%).
n	: $0,083 \log 4 \times 10^{10} / S_{bit}$
Pi	: Penetrasi aspal dalam kondisi asli (0,1 mm)
PI	: Penetration index
Pr	: Penetrasi aspal dalam kondisi dihamparkan
q	: Nilai stabilitas
s	: Pembacaan arloji stabilitas
Sb	: Stiffness asphalt (Mpa)
Sbit	: Asphalt modulus (N/m ²)

- Smix : Modulus campuran (N/m^2).
- Spr : Temperatur titik lembek dari aspal dalam kondisi dihamparkan ($^{\circ}C$).
- T : Temperatur perkerasan ($^{\circ}C$).
- t : Waktu pembebanan (detik).
- V : Kecepatan kendaraan (km/jam).
- Vb : Prosentase volume aspal.
- VB : Prosentase volume rongga udara dalam campuran.
- VG : Prosentase volume agregat padat.
- Vg : Prosentase volume agregat.
- VV : Volume rongga udara dalam campuran.
- Vv : Prosentase volume pori
- X1 : BJ (bulk) agregat max size 3/4"
- X2 : BJ (bulk) agregat max size 1/2"
- X3 : BJ (bulk) debu batu
- X4 : BJ (bulk) pasir
- σ_m : Berat volume campuran padat (kg/m^3).
- σ_w : Berat volume air (kg/m^3).

INTISARI

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

Penelitian ini bermaksud meneliti karakteristik campuran Split Mastic Asphalt + Selulosa yang mengalami penurunan suhu 80°C yang kemudian dipanaskan ulang sampai mencapai suhu standar, dengan cara menganalisis perilaku campuran Split Mastic Asphalt + serat selulosa, diukur volume rongga dalam campuran (VIM), persentase rongga terisi aspal (VFWA), stabilitas, kelelahan (flow) dan QM (Quotient Marshall), yang diketahui dengan melakukan pengujian Marshall, kemudian dibandingkan dengan pengujian Marshall standar (75x tumbukan).

Dari hasil penelitian tentang pengaruh jumlah tumbukan 55x, 65x, 75x dan 85x terhadap perilaku campuran Split Mastic Asphalt yang mengalami pemanasan ulang pada kadar aspal optimum 6,55 %, menunjukkan bahwa nilai optimum adalah 76 - 85x tumbukan untuk lalu lintas berat.

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 perkembangan kehidupan bangsa dibidang 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 panas 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 diseluruh 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 dan pemadatan sangat berpengaruh pada saat pelaksanaan di lapangan terutama terhadap campuran Split Mastic Asphalt, sehingga harus memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi karena menyangkut mutu perkerasan. Karena sesuatu hal, misalnya lokasi proyek yang jauh dari Asphalt Mixing Plant (AMP), kemacetan lalu lintas, atau karena tidak seimbang nya produksi campuran pada AMP dengan volume pelaksanaan di lapangan sehingga harus mengalami antrian yang menyebabkan penurunan temperatur dibawah persyaratan sehingga campuran tidak dapat digelar/dipakai. Hal ini tentu saja mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit.

Berpijak pada hal tersebut maka dilakukan penelitian “Pengaruh Jumlah Tumbukan Terhadap Perilaku Campuran Split Mastic Asphalt Yang Mengalami Pemanasan Ulang”.

1.2 Manfaat Penelitian

Diperoleh gambaran seberapa jauh pengaruh pemanasan ulang dan pengaruh jumlah tumbukan terhadap perilaku campuran SMA grading 0/11 dengan alat

Marshall sehingga diketahui pengaruh jumlah pemadatan terhadap perilaku Split Mastic Asphalt dengan temperatur di bawah persyaratan setelah dipanaskan ulang dapat digelar kembali.

1.3 Tujuan Penelitian

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pematatan

Pematatan adalah suatu proses untuk memperkecil volume dan mengurangi rongga udara yang terdapat didalam campuran. Cara yang dilakukan adalah dengan menekan partikel-partikel yang telah diselimuti oleh aspal secara bersama-sama sehingga pori-pori udara dalam campuran berkurang. Pematatan dikatakan berhasil bila mencapai kandungan rongga dan kerapatan yang optimum.

Pematatan dimaksud untuk menghilangkan ruang kosong (pori) dalam campuran perkerasan. Adanya pori-pori dapat menyebabkan masuknya udara dan air. Dengan adanya udara yang masuk dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi, sedangkan hasil oksidasi akan terlarut dalam air masuk kedalam pori-pori yang menyebabkan campuran menjadi getas (The Asphalt Institute MS-22, 1983).

2.2 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)[13].

2.3 Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat yang berwarna coklat gelap sampai hitam yang tersusun dari "asphaltene" dan "maltenene" yang terjadi di alam dan dari penyulingan minyak mentah dari dalam bumi. Asphalt Cement (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus (Kerbs and Walker, 1971)[3].

Kepekaan terhadap temperatur dari aspal ditunjukkan oleh perubahan konsistensinya (penetrasi atau viskositas) dari aspal akibat perubahan temperatur. Aspal yang memiliki kepekaan terhadap temperatur tinggi akan menghasilkan lapisan perkerasan yang stabil pada temperatur tinggi. Aspal dengan kepekaan temperatur rendah kemungkinan terjadinya retak-retak sangat kecil dan tidak menjadi lunak pada suhu tinggi, sehingga akan menghasilkan konstruksi lapis keras dengan stabilitas tinggi.

2.4 Agregat

Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan pejal (solid) atau merupakan suatu bahan yang terdiri atas mineral

padat berupa masa berukuran besar maupun berupa fragmen-fragmen (Silvia Sukirman, 1996)[7] dan secara khusus agregat adalah batu pecah, krikil, 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)[12].

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 bahan lain.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas serta menyebarkannya kelapisan di bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok berikut ini.

1. Kekuatan dan keawetan (strength and durability) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
 - a. gradasi agregat,
 - b. ukuran maksimum agregat,
 - 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,
 - d. permukaan agregat/batuan.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi :
 - a. tahan gesek (skid resistance),
 - b. campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (bituminuous mix workability).

2.5 Filler

Filler adalah suatu bahan sebagai fraksi debu mineral bisa berupa debu batu, abu kapur, debu dolomit atau semen yang lolosan saringan no. 200 (0.074 mm) dan berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran panas. Filler harus dalam keadaan kering dengan kadar air maksimum 1%.

Penggunaan filler dalam campuran panas akan mempengaruhi karakteristik campuran dan dapat memberikan berbagai dampak. Dampak penggunaan filler terhadap karakteristik campuran panas adalah :

- a. viskositas campuran akan naik, semakin luas permukaan viskositas akan semakin tinggi dan penggunaan suatu jenis filler memberikan efek viskositas campuran yang berbeda dengan jenis filler yang lain,
- b. terhadap daktilitas dan penetrasi campuran, 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, akan berpengaruh dalam pencampuran, penghamparan dan pepadatan.

Disamping itu jenis filler juga akan berpengaruh terhadap sifat elastik campuran dan sensitifitasnya terhadap air.

2.6 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 tahanan gesek (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 kedalam 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 dalam tiga komponen : asphaltenes, resins dan oil (saturated hidrocarbon) dengan fungsi spesifikasi masing-masing : asphaltenes sebagai pembentuk body, resins membangkitkan sifat adhesive dan lentur serta fraksi-fraksi minyak bertanggungjawab atas sifat viskositas dan flow (Lismanto dan Muhammad As'ad,1993).

2.7 Split Mastic Asphalt

Split Mastic Asphalt adalah jenis campuran panas (hotmix) gradasi terbuka terdiri atas campuran :

1. agregat kasar dengan ukuran > 2 mm dengan jumlah fraksi tinggi yakni 75% dari berat agregat campuran,

2. agregat halus bahan isian (filler) dan aspal dengan kadar relatif tinggi, dan
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 (Khairuddin M. Ali, 1990)[6] terdapat tiga 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 5 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 1,5 - 3 cm. Umumnya digunakan sebagai lapis permukaan tipis untuk tujuan pemeliharaan dan perbaikan jalan (FA. Mujiono, 1994).

2.8 Marshall test

Marshall test merupakan suatu pemeriksaan perilaku suatu campuran panas (hotmix). 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 plastis (flow). Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

2.9 Modulus Kekakuan

2.9.1 Kekakuan aspal (Asphalt Stiffness)

Kekakuan aspal adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada aspal yang besarnya tergantung temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Nilai kekakuan aspal padat ditentukan dengan nomogram Van der Poel's yang penggunaannya memerlukan data :

1. Temperatur rencana perkerasan (T) dalam ($^{\circ}$ C).
2. Titik lembek atau Softening Point (SPr) dari tes Ring and Ball ($^{\circ}$ C)
3. Waktu pembebanan (t) dalam (detik) yang tergantung pada kecepatan kendaraan.

4. Penetration Index (PIr).

Untuk menghitung nilai kekakuan aspal digunakan nomogram Van der Poel's seperti terlihat pada gambar 2.1.

Waktu pembebanan untuk tabel lapis perkerasan antara 100-350 mm dapat diperkirakan dari hubungan empiris yang sederhana seperti berikut :

$$t = \frac{l}{V} \dots\dots\dots 2.1$$

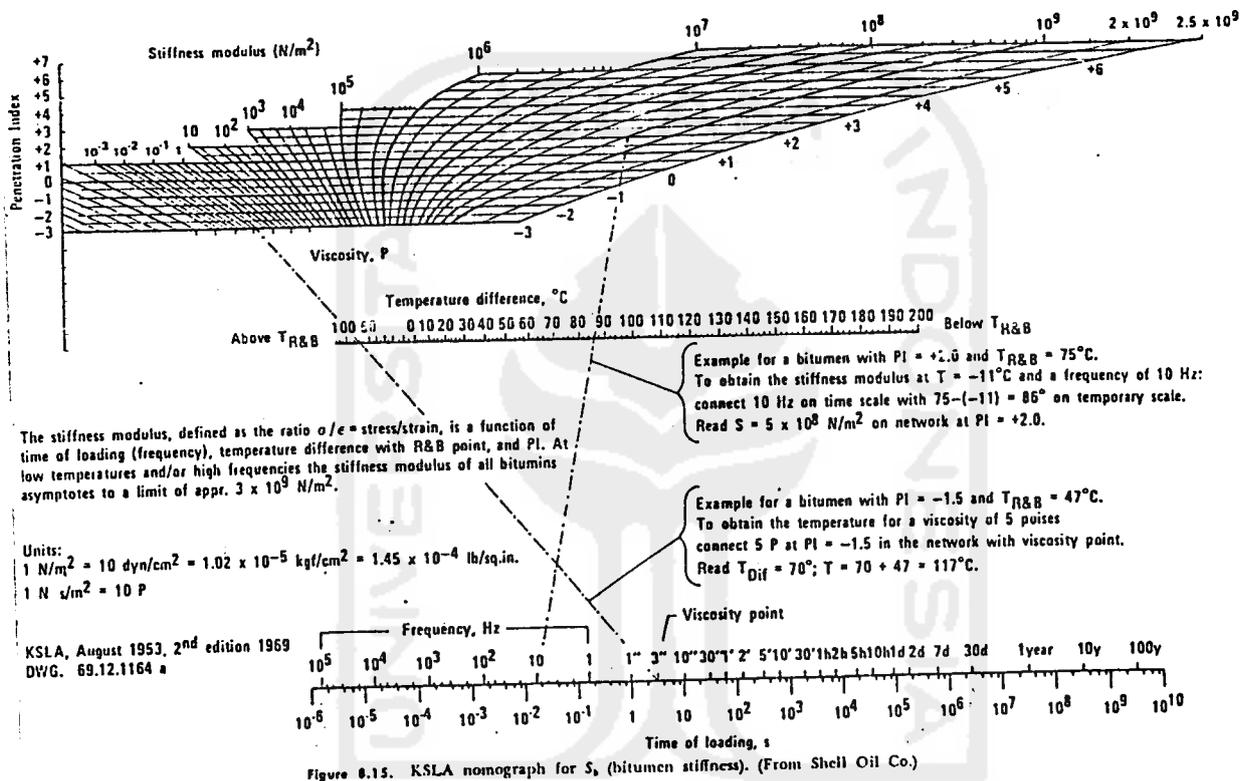
Dengan :

V = kecepatan kendaraan (km/jam)

l = panjang jejak roda kendaraan (meter)

Penetration Index dihitung dari Spr (temperatur titik lembek) dan penetrasi aspal setelah dihamparkan, dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pr = \frac{1951,4 - 500 \log Pr - 20 Spr}{50 \log Pr - Spr - 120,14} \dots\dots\dots 2.2$$



Gambar 2.1 Nomogram untuk menetapkan kekakuan aspal (S bit)

Sumber : The Shell Bitumen Handbook.

Aspal mengalami pengerasan selama proses pencampuran, pengangkutan dan penghamparan. Nilai Penetration Index (PI) dan SP_r (temperatur titik lembek) yang digunakan dalam persamaan tersebut dalam kondisi sudah dihamparkan. Untuk itu perlu dilakukan asumsi sebagai berikut :

$$Pr = 0,65 \cdot Pi \dots\dots\dots 2.3$$

$$SP_r = 98,4 - 26,35 \log Pr \dots\dots\dots 2.4$$

dengan :

Pi = Penetrasi aspal dalam kondisi asli (0,1 mm)

Pr = Penetrasi aspal dalam kondisi dihamparkan 0,1 (mm)

SP_r = Temperatur titik lembek dari aspal dalam kondisi dihamparkan (dalam °C)

Karena kebanyakan hitungan perencanaan berdasarkan pada karakteristik aspal terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan (3) dan (4) ke dalam (2) memberikan persamaan untuk Penetration Index dalam kondisi dihamparkan sebagai berikut :

$$PI_r = \frac{27 \log Pi - 21,65}{76,35 \log Pi - 232,82} \dots\dots\dots 2.5$$

Selain dengan menggunakan nomogram yang dikembangkan oleh Van der Poel, kekakuan aspal dapat juga dicari dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh Ullidz.

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{PI_r} \times (SP_r - P)^5 \dots\dots\dots 2.6$$

dengan

S_b = Stiffness asphalt (Mpa)

t = Waktu pembebanan (detik)

PI = Penetration Index

S_{Pr} = Temperatur titik lembek ($^{\circ}\text{C}$)

T = Temperatur perkerasan ($^{\circ}\text{C}$)

Persamaan di atas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$0,01 < t < 0,1$$

$$- < PI_r < 1$$

$$20^{\circ}\text{C} < (S_{Pr} - T) < 60^{\circ}\text{C}$$

2.9.2 Kekakuan campuran (Mix Stiffness)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya tergantung dari temperatur dan lamanya pembebanan. Formula atau metode yang diterapkan untuk menentukan Mix Stiffness (S_{mix}) diantaranya :

- 1). **Metode Shell.** Untuk mencari modulus kekuatan campuran digunakan nomogram Shell. Pada metode ini diperlukan data sebagai berikut ini.
 - a. Modulus kekakuan aspal (N/m^2) diperoleh dari perhitungan atau dengan nomogram seperti telah disebutkan di muka.

b. Volume bahan pengikat (%).

c. Volume mineral agregat.

Prosentase Volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_b = \frac{(100 - V_v)(MB/G_b)}{(MB/G_b) + (MA/G_a)} \dots\dots\dots 2.7$$

Kadar pori dalam campuran padat dihitung dengan persamaan :

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m) \times 100}{\sigma_{max}} \dots\dots\dots 2.8$$

dengan :

$$\sigma_{max} = \frac{100 \times \sigma_w}{(MB/G_b) + (MA/G_a)} \dots\dots\dots 2.9$$

Selanjutnya dapat dihitung nilai void in mixed agregat dengan persamaan :

$$VMA = V_b + V_v \dots\dots\dots 2.10 \text{ dan}$$

$$V_v + V_b + V_g = 100 \% \dots\dots\dots 2.11$$

dengan :

MA = perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).

MB = perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran (%)

Ga = berat jenis campuran agregat.

Gb = berat jenis bahan ikat campuran.

σ_m = berat volume campuran padat (kg/m^3).

σ_w = berat volume air (kg/m^3).

V_g = prosentase volume agregat.

V_b = prosentase volume aspal.

V_v = Prosentase volume pori.

2). **Metode Heukelom and Klomp (1964)**. Disini diberikan formula untuk mencari nilai kekakuan campuran.

$$S_{\max} = S_{\text{bit}} \left[1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{C_v}{1 - C_v} \right]^n \dots\dots\dots 2.12$$

dengan :

$$n = 0,83 \log 4 \times 10^{10} / S_{\text{bit}}$$

S_{mix} = mix modulus (N/m^2)

S_{bit} = asphalt modulus (N/m^2)

Van der Poel menyimpulkan bahwa modulus campuran aspal terutama tergantung pada modulus aspal dan konsentrasi volume agregat (C_v).

$$C_v = \frac{V_G}{V_G + V_B} \dots\dots\dots 2.13$$

dengan :

V_G = prosentase volume agregat padat.

V_B = prosentase volume rongga udara dalam campuran.

Rumus diatas hanya dipergunakan untuk kepadatan dengan volume rongga kurang dari 3 %. Untuk kepadatan dengan volume rongga lebih besar dari 3 % digunakan rumus:

$$Cv' = \frac{Cv}{1 + 0,01 (VV - 3)} \dots\dots\dots 2.14$$

dengan :

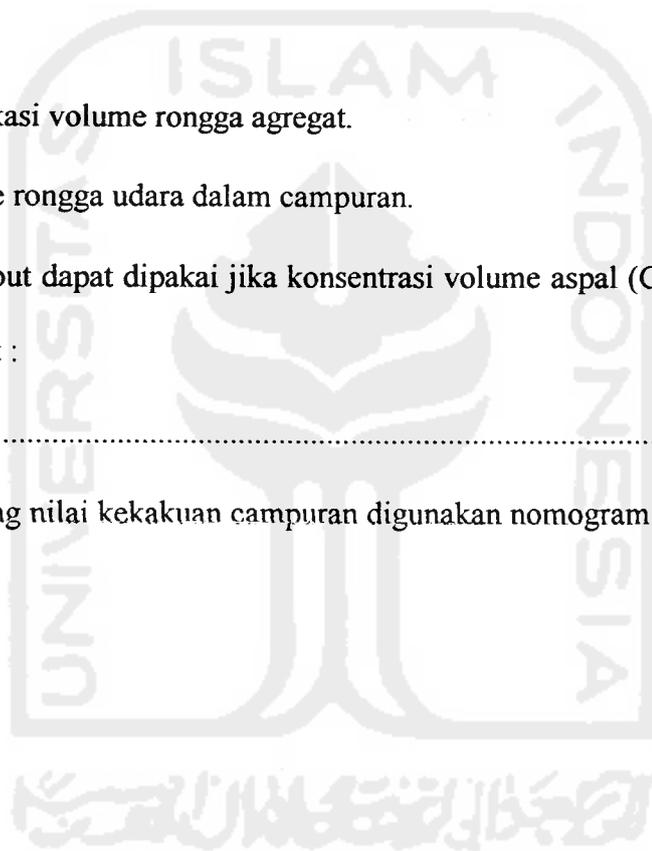
Cv' = modifikasi volume rongga agregat.

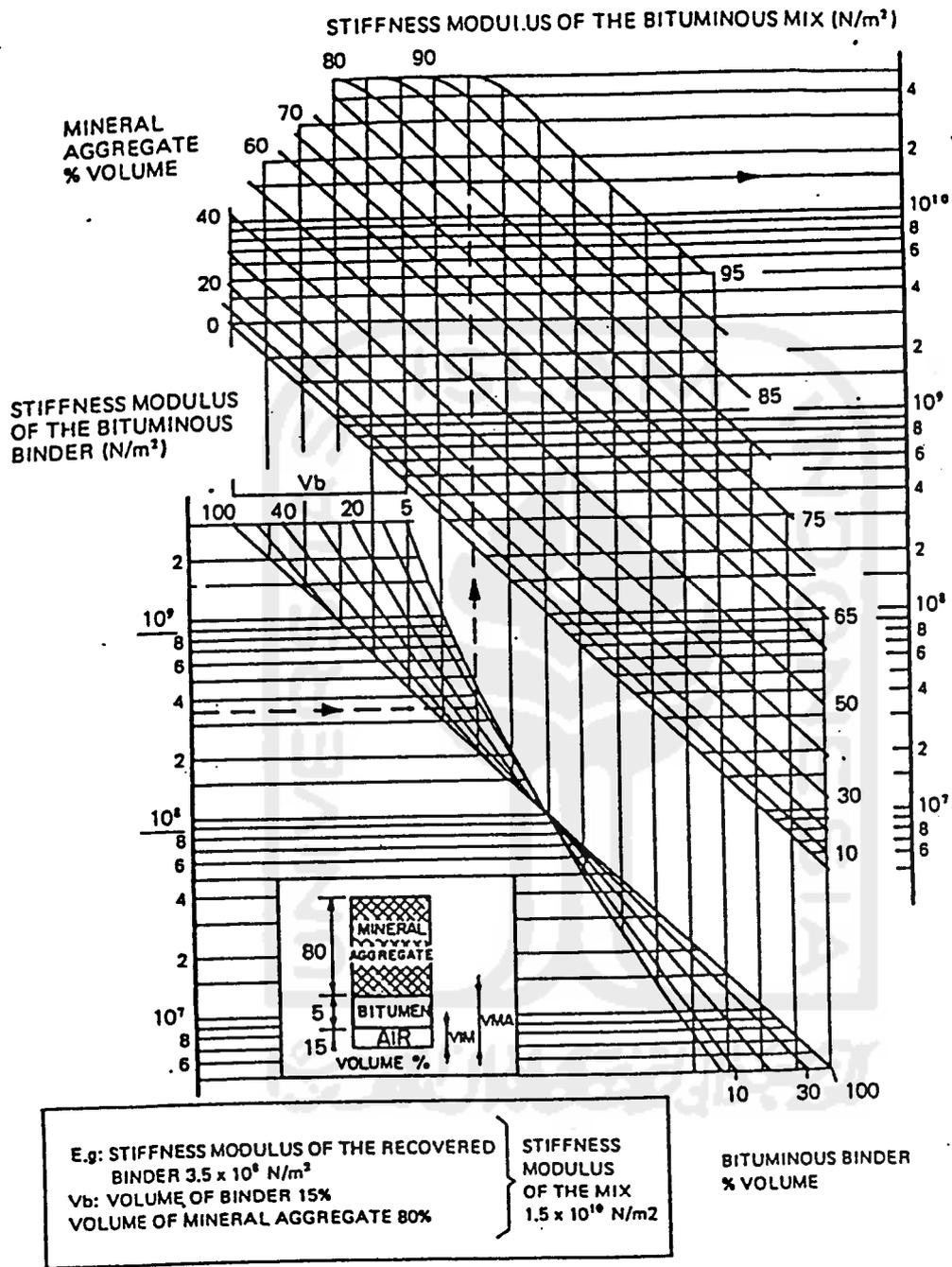
VV = Volume rongga udara dalam campuran.

Persamaan tersebut dapat dipakai jika konsentrasi volume aspal (C_b) memenuhi syarat sebagai berikut :

$$C_b > 2/3 (1 - Cv') \dots\dots\dots 2.15$$

Untuk menghitung nilai kekakuan campuran digunakan nomogram pada Gambar 2.2. berikut ini.





Gambar 2.2 Nomogram penentuan kekakuan campuran.

Sumber : The Shell Bitumen Handbook.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas 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 tegar (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 lalulintas sebagian besar dipikul pelat beton,
3. konstruksi perkerasan komposit (composite pavement) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Dalam uraian selanjutnya akan dibahas mengenai konstruksi perkerasan lentur. Pada umumnya konstruksi perkerasan lentur tersusun atas tiga bagian dengan kualitas bahan semakin keatas semakin baik dan mempunyai fungsi sebagai berikut.

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 dipondasi , dan
 - d. efisiensi penggunaan material karena mengurangi tebal lapisan diatasnya 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, dan
 - 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, dan
- d. sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapis dibawahnya.

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 tinggi dan rendahnya 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 dapat ditunjukkan oleh parameter berikut ini.

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) bergantung 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 adhesi campuran bergantung pada gradasi agregat, daya lekat 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 roda kendaraan. Lapisan perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan oleh pengaruh air dan cuaca.

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

Dipandang dari sudut jumlah aspal yang digunakan dapat dikatakan bahwa makin banyak kadar aspal maka lapisan aspal yang menyelimuti tiap butir batuan

semakin tebal, sehingga perkerasan lebih tahan lama karena berkurangnya pori-pori yang ada dalam campuran sehingga air dan udara sukar masuk ke dalam perkerasan.

Gaya pengausan yang terjadi dapat diredam dengan menggunakan batuan dengan sifat kekerasan yang tinggi, 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 digunakan gradasi agregat yang terbuka (open graded).

3.2.4 Tahanan gesek/Kekesatan (Skid resistance)

Kekesatan (skid resistance) adalah kemampuan lapis permukaan (surface course) pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik diwaktu basah maupun diwaktu 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 split mastic asphalt dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya 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 ini.

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 mendukung beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi bergelombang atau desakan kesamping.
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 di atas, perencanaan konstruksi perkerasan lentur jalan harus mencakup berikut ini.

1. Perencanaan tebal masing-masing perkerasan
2. Berdasarkan daya dukung base course, beban lalu lintas, keadaan lingkungan dan jenis lapisan yang dipilih.
3. Analisis 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)

3.4.1 Pengertian umum

Split Mastic Asphalt adalah suatu campuran panas (hotmix) pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran agregat yang bergradasi terbuka, aspal keras dan bahan tambah. Dari tiga jenis Split Mastic Asphalt yang ada, yaitu SMA 0/5 ; SMA 0/8 ; SMA 0/11, yang dikembangkan di Indonesia adalah SMA 0/11.

3.4.2 Spesifikasi Teknik (Bina Marga) tahun 1992

Karakteristik dari SMA adalah :

- a. agregat kasar dengan ukuran > 2 mm dengan jumlah fraksi antara 70 - 80 %
- b. mastic asphalt ; 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

3.4.3 Sifat-sifat SMA

1. Mampu melayani lalu lintas berat :

Stability Marshall : > 750 kg

Flow Marshall : 2-4

2. Tahan terhadap oksidasi : Lapisan film aspal tebal : $> 10\mu$

3. Tahan terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi:

Nilai stabilitas dinamis : > 1500 lintasan/mm

4. Kelenturan :

Koefisien Marshall (stabilitas/flow) : 190 - 300

5. Tahan terhadap cuaca panas (temperatur tinggi) :

Titik lembek (aspal + serat selulosa) : 60°

6. Kedap air : Rongga udara : 3 - 5%

Indeks perendaman : > 75% (60°C, 48 jam)

7. Aman untuk lalu lintas (kesat) :

Nilai kekesatan : > 0,6

8. Tingkat keseragaman campuran yang tinggi :

Kadar aspal agregat kasar : tinggi

Viskositas aspal : tinggi

3.4.4 Bahan pendukung

a. Agregat.

Dengan persyaratan mutu agregat sebagai berikut ini.

1. Kehilangan berat akibat abrasi mesin Los Angeles (PB.0206-76) maks. 40%
2. Kelekatan agregat terhadap aspal (PB.0205-76) minimal 95%
3. Non plastis

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan menggunakan satu set saringan.

Saringan yang paling kasar diletakkan paling bawah dan diakhiri dengan pan .

Pada umumnya gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. gradasi seragam (uniform graded), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama /sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
2. gradasi rapat (dense graded), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (well graded).
3. gradasi buruk/jelek (poorly graded), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi tidak seragam yang umum digunakan untuk lapis perkerasan lentur yaitu gradasi timpang (gap graded), merupakan agregat dengan gradasi satu fraksi hilang. Sering disebut gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

Adapun gradasi agregat split mastic asphalt dengan bahan tambah serat selulosa adalah gradasi terbuka (open graded) dengan prosentase agregat kasar (ukuran ≥ 2 mm) yang tinggi yaitu $\geq 70\%$, hasil ini menurut acuan Bina Marga. Adapun gradasi agregat split mastic asphalt yang dipakai sesuai dengan tabel 3.1 dan gambar 3.1 dibawah ini.

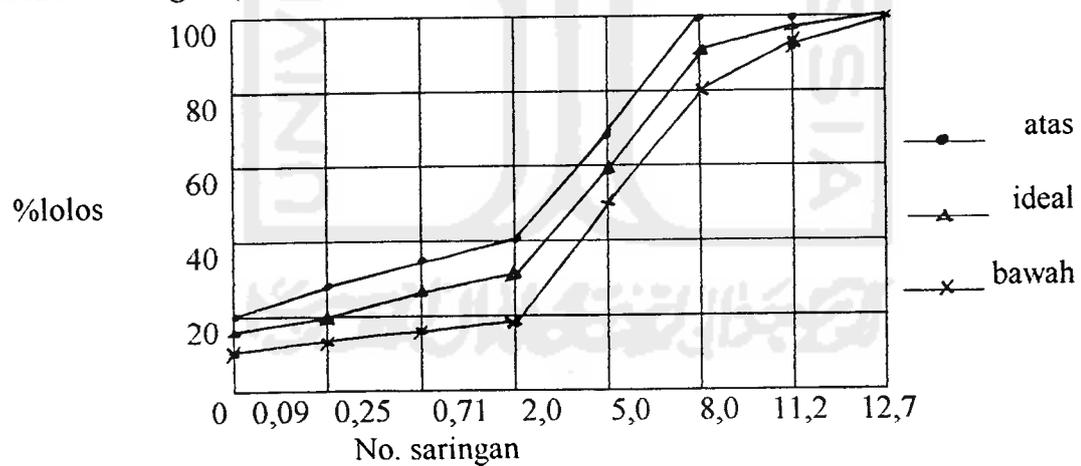
Tabel gradasi SMA 0/11 adalah sebagai berikut :

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 : Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa Tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU

Gradasi Tengah (ideal) hotbin CF 31500



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) penetrasi 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.

Persyaratan aspal AC 60/70 dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Persyaratan AC Pen. 60/70 SNI No.1737.1989-F

No.	Jenis	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Minimal	Maksimal	
1.	Penetrasi				
2.	Titik lembek (ring dan 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 (CC14)	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 : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit.Jend. Bina Marga DPU.

Sifat-sifat aspal yang dominan pengaruhnya terhadap perilaku lapis keras jalan adalah sifat termoplastik dan keawetan.

1. Sifat termoplastik

Aspal merupakan bahan termoplastik maka konsistensinya (viskositas) akan berubah dengan berubahnya temperatur. Dengan sifat termoplastik dari aspal akan sangat menguntungkan dari sudut pelaksanaan konstruksi.

Pada viskositas rendah aspal akan dapat membasahi dan menyelimuti batuan yang dicampurnya sehingga permukaan batuan dapat terselimuti secara merata dengan ketebalan yang cukup. Untuk mendapatkan viskositas rendah diperlukan temperatur yang tinggi dengan pemanasan, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan berakibat merusak sifat-sifat aspal sehingga aspal akan cepat mengeras. Sebaliknya pemanasan yang kurang akan berakibat aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara merata, sehingga ikatan antar batuan kurang kuat dan akan mengurangi kekuatan lapis keras jalan dalam mendukung beban.

2. Sifat keawetan

Sifat keawetan (durability) aspal didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan-perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan akibat beban lalu lintas. Sifat keawetan dari aspal yang paling utama adalah daya tahannya terhadap proses pengerasan. Faktor-faktor yang sangat berpengaruh atas terjadinya pengerasan adalah antara lain :

a. Oksidasi.

Adalah terjadinya reaksi antara oksigen dengan aspal. Proses ini tergantung dari sifat aspal dan temperatur. Pada temperatur biasa efek oksidasi akan memberikan suatu lapisan yang keras pada aspal. Lapisan film ini tipis tetapi apabila terjadi lagi. Aspal yang mengeras menunjukkan durabilitas yang kurang baik.

b. Penguapan (volatilization)

Adalah menguapnya bagian-bagian yang mempunyai berat molekul ringan dari aspal karena pengaruh penambahan temperatur dan pengadukan pada suatu pelaksanaan konstruksi. Dengan penambahan temperatur akan mempercepat proses penguapan bagian-bagian aspal, sehingga aspal akan cepat mengeras. Dengan temperatur pemanas yang terlalu tinggi sifat keawetan aspal terhadap proses pengerasan akan lebih pendek waktunya (cepat mengeras).

c. Filler.

Dalam hal gradasi campuran yang kurang material (lolos saringan no.200(0,074 mm) maka perlu diadakan material tambahan yang disebut filler.

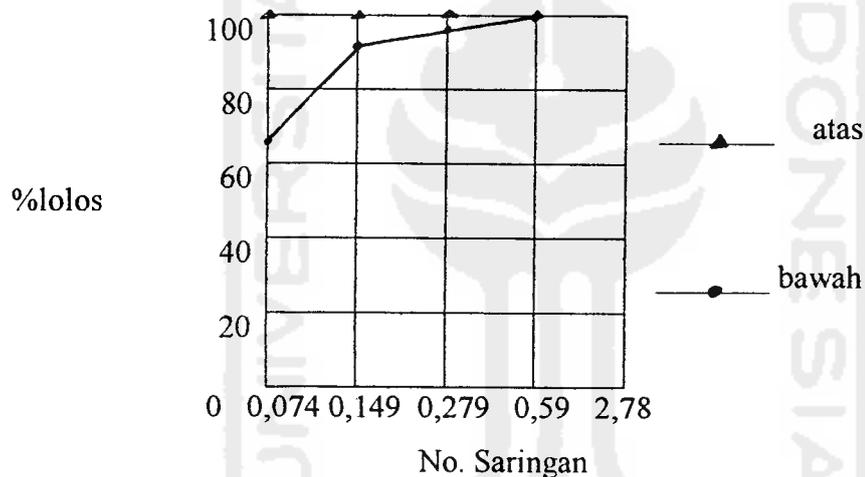
Filler yang dapat digunakan : debu batu, kapur, debu dolomit atau semen. dalam penelitian ini digunakan abu batu. Filler harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%).

Gradasi material filler dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Gradasi Material Filler (SNI No.1737.1989/F jo.SKBI-2.426.1987)

Ukuran Saringan	Filler % lolos saringan
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 - 100
No. 100 (0,149 mm)	90 - 100
No. 200 (0,074 mm)	65 - 100

Sumber : 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 didalam 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 dipenuhi untuk serat selulosa agar dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran panas, adalah :

1. mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering split mastic asphalt campuran panas pada temperatur 160°C - 170°C,
2. dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari split mastic asphalt,
3. tahan terhadap temperatur campuran panas sampai dengan temperatur 250°C minimal selama waktu campuran,
4. dengan kadar 0,3% terhadap berat total 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) pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 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	gram/Lt	30,0	> 25,0
6.	Panjang serat	mikron	< 5000,0	mak. 5000
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 : Proyek Peningkatan Jalan Dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa Tengah, Dit. Jend. Bina Marga DPU

BAB IV

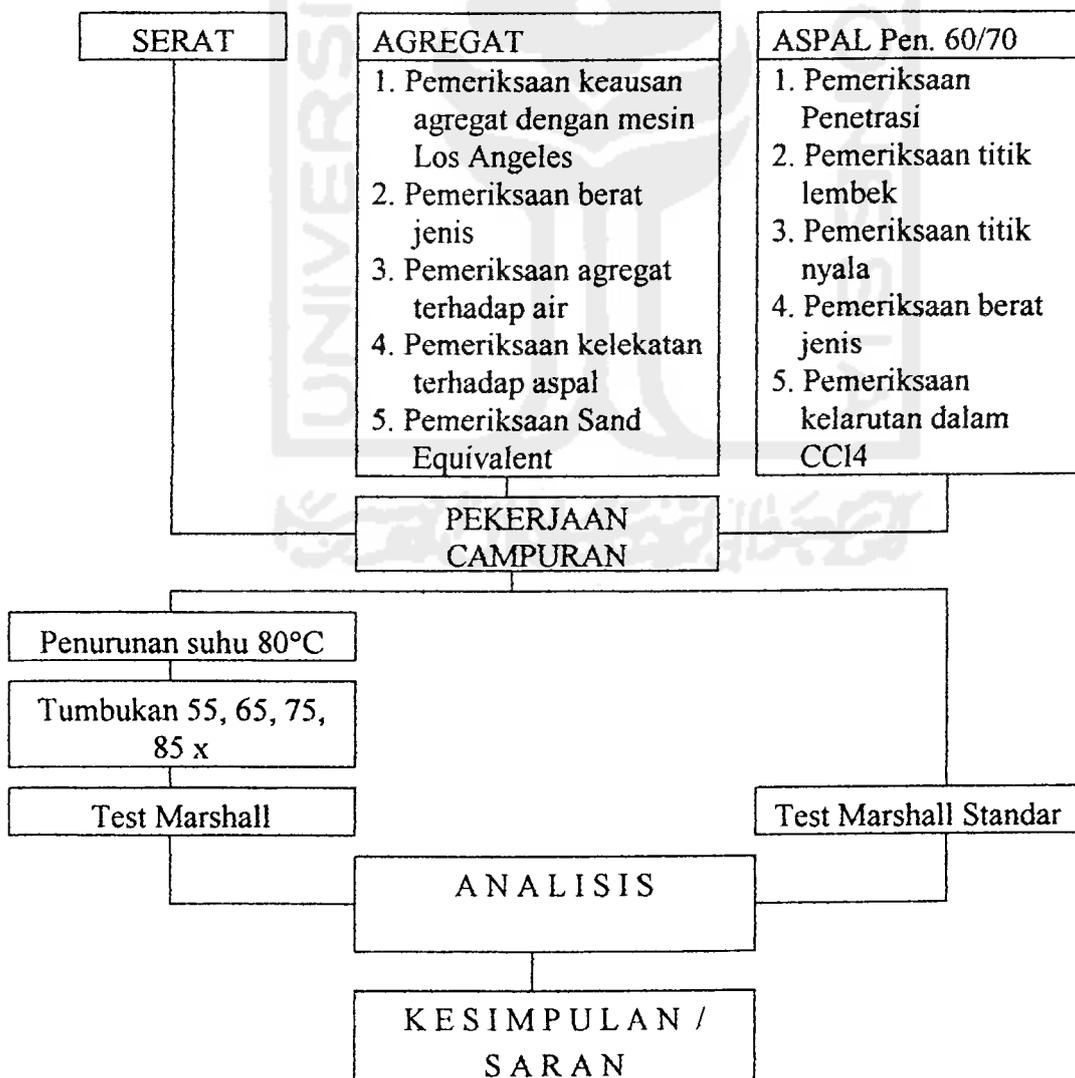
HIPOTESIS

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 dan jumlah tumbukan pada campuran SMA yang telah mengalami penurunan temperatur sampai dibawah temperatur pemadatan yang disyaratkan, dihipotesis akan berpengaruh pada nilai Test Marshall campuran SMA, tetapi campuran SMA tersebut masih dapat digunakan sebagai bahan lapis permukaan jalan dan didapat hasil pemadatan optimum.

BAB V
CARA PENELITIAN

5.1 Diagram alir kegiatan laboratorium

Pelaksanaan kegiatan di Laboratorium mengikuti diagram alir sebagai berikut ini.



5.2 Bahan

5.2.1 Asal Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah 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.

5.2.2 Persyaratan dan pengujian bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian sebelumnya diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas tinggi. Adapun pengujian yang dilakukan sebelumnya adalah :

a. Pemeriksaan agregat

Untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. Tingkat keausan, ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi yang menggunakan mesin Los Angles berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai abrasi $> 40\%$ menunjukkan agregat tidak mempunyai keausan yang cukup untuk digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.
2. Daya lekat terhadap aspal, dilakukan sesuai prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan dan besarnya minimal 95% .

3. Peresapan agregat terhadap air, dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besar peresapan agregat yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3 %. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walau melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
4. Berat jenis (specific gravity), adalah perbandingan antara berat dengan volume agregat. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan volume agregat digunakan air suling. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB-0202-76 dengan persyaratan minimum 2,5 gram/cc. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan campuran agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.
5. Sand equivalent test, dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Sand equivalent dilakukan untuk agregat yang lolos saringan no.4 sesuai prosedur PB-0203-76. Nilai yang disyaratkan minimal 50 % adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang. Juga adanya lempung mengakibatkan luas permukaan yang diselimuti aspal bertambah.

b. Pemeriksaan Filler

Filler merupakan bagian dari agregat yang mempunyai fraksi sangat halus. Filler dapat berupa debu batu, debu kapur, semen dan lain-lain. Khusus dalam penelitian ini filler yang digunakan adalah debu batu yang lolos saringan no. 200.

c. Pemeriksaan bahan ikat aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium. Aspal yang telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan penetrasi, pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 sampai 79.
2. Pemeriksaan titik lembek, pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal di dalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inchi (25,4 mm) dari pelat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai yang disyaratkan 48°C sampai dengan 58°C.
3. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar, pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76, dengan besarnya nilai yang disyaratkan minimum 200°C.

4. Kelarutan dalam CCl₄, pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam *carbon tetra chloroid*. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCl₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.
5. Berat jenis, adalah perbandingan antara berat dan volume aspal. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan volume aspal dipergunakan air suling. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76 dengan nilai yang disyaratkan sebesar minimal 1 gr / cm³. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.
6. Daktilitas aspal, tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0306-76. Besarnya daktilitas aspal yang disyaratkan adalah minimal 100 cm.

5.3 Perencanaan campuran ideal

5.3.1 Gradasi agregat ideal

Gradasi ideal merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis SMA yang mengacu pada Heavy Loaded Road Improvement Project (Bina Marga), dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Gradasi Agregat Ideal Untuk SMA

Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)	Ideal (%)
12,7	100	100
11,2	90-100	95
8,2	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 : Proyek Peningkatan Jalan Dan Penggantian Jembatan Propinsi Jawa Tengah Dit. Jend. Bina Marga DPU.

5.3.2 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 tiga.

5.3.3 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.

5.3.4 Filler

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah debu batu. Bahan ini harus bebas dari gumpalan dan harus sesuai dengan spesifikasi dari SNI No. 17737.1989/F jo. SKBI-2.426.1987.

5.4 Pembuatan benda uji

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

Ada 15 (limabelas) benda uji dengan kadar aspal optimum. Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu benda uji adalah 1200 gr, yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar serta aspal.

Temperatur pemadatan yang dipakai dalam penelitian ini sesuai dengan pemadatan yang diijinkan dari Bina Marga untuk Split Mastic Asphalt adalah min 120°C.

Benda uji masing-masing dibuat 3 (tiga) untuk empat variasi pemadatan 55,65,75 dan 85 kali tumbukan.

Cara pembuatan benda uji sebagai berikut ini.

- a. Agregat setelah ditimbang dipanaskan sampai 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. Dilakukan pemanasan ulang ke suhu pemadatan setelah didinginkan pada suhu 80°C,
- d. 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,

- e. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak variasi yang diperlukan, benda uji dibalik ditumbuk lagi sebanyak variasi tersebut,
- f. Kemudian dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat alas dan leher sambungan dilepas),
- g. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama ± 24 jam pada temperatur ruangan.

5.5 Pengujian benda uji

5.5.1 Persiapan benda uji

Dalam persiapan benda uji, maka dilakukan langkah-langkah berikut ini.

- 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.

5.5.2 Cara pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut ini.

- a. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) selama ± 30 menit dengan temperatur perendaman sebesar 60°C ,

- b. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin agar benda uji mudah dilepas,
- c. Setelah benda uji dikeluarkan dari bak perendam segera diletakkan pada alat Marshall yang dilengkapi dengan arloji kelelahan (flow meter), dan arloji pembebanan/stabilitas,
- d. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur hingga menunjukkan angka 0 (nol), sementara selubung tangkai arloji dipegang dengan kuat terhadap segmen atas kepala penekan,
- e. Kecepatan pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pada saat itu dibaca pembebanan maksimum yang terjadi pada flow meter.

5.5.3 Peralatan

Adapun peralatan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. lima belas buah cetakan benda uji lengkap dengan plat alas dan leher sambung,
2. mesin penumbuk manual,
3. alat untuk mengeluarkan benda (*ejector*),
4. alat Marshall lengkap dengan :
 - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji (*proving ring*).
 - c. Arloji pengukur alir (*flow*).
5. oven,



6. bak peredam (water bath) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20°C sampai dengan 60°C,
7. timbangan,
8. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*),
9. perlengkapan lain-lain :
 - a. Panci
 - b. Sendok pengaduk dan Spatula
 - c. Kompor atau pemanas (*hot plate*)
 - d. Kantong plastik, gas elpiji atau minyak
 - e. Sarung tangan asbes dan karet
 - f. Sendok pengaduk dan peralatan lainnya

5.5.4. Anggapan Dasar

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap perilaku campuran split mastic asphalt yang mengalami pemanasan ulang. Yang dimaksud perilaku campuran split mastic asphalt disini adalah pengaruh terhadap nilai-nilai VFWA, Stabilitas, Flow, Quotient Marshall dan modulus kekakuan (E).

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap bahwa peralatan selama berlangsungnya penelitian ini dalam keadaan standar. Selain itu variasi didalam pengerjaan pembuatan benda uji (sampel) dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Sedangkan bahan-bahan untuk penelitian seperti agregat dan aspal dalam keadaan

yang sama, maksudnya bahwa kualitas bahan dianggap sama seperti pada hasil pengujian bahan.

5.5.5 Cara analisis

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh data-data .

- a. Benda uji sebelum direndam air (gram),
- b. Berat benda uji di dalam air (gram),
- c. Berat benda uji kering permukaan, SSD (gram),
- d. Tabel benda uji (mm),
- e. Pembacaan arloji stabilitas (lbs),
- f. Pembacaan arloji flow (mm).

Dari data-data diatas dapat dihitung harga-harga dari density, VIM, VFWA, flow, stabilitas dan Marshall Quotient. Cara perhitungannya sebagai berikut ini.

1. Berat jenis maksimum teoritis (h)

$$\text{dipakai rumus, } h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{\text{BJ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}}}$$

BJ agregat merupakan gabungan antara BJ agregat kasar dan BJ agregat halus yang dicari dengan rumus :

$$\text{dipakai rumus, } h = \frac{100}{\frac{a}{F1} + \frac{b}{F2} + \frac{c}{F3} + \frac{d}{F4} + \frac{B}{2}}$$

Keterangan :

a = % agregat max size 3/4"

b = % agregat max size 1/2"

c = % debu batu

d = % pasir

B = berat jenis (bulk) dari total agregat

F1 = BJ semu (apparent) agregat max size 3/4"

F2 = BJ semu (apparent) agregat max size 1/2"

F3 = BJ semu (apparent) debu batu

F4 = BJ semu (apparent) pasir

dengan :

$$B = \frac{100}{\frac{a}{X1} + \frac{b}{X2} + \frac{c}{X3} + \frac{d}{X4}}$$

Keterangan :

a = % agregat max size 3/4"

b = % agregat max size 1/2"

c = % debu batu

d = % pasir

X1= BJ (bulk) agregat max size 3/4"

X2= BJ (bulk) agregat max size 1/2"

X3= BJ (bulk) debu batu

X4= BJ (bulk) pasir

2. VFWA = % rongga terisi aspal (m)

$$\text{Dipakai rumus, } m = \frac{100}{I/L}$$

Dimana, I = rumus substitusi

L = % rongga terhadap agregat

3. Flow (kelelehan)

Nilai flow dari arloji “flow” yang menyatakan besarnya deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

4. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekanan Marshall. Nilai ini masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan (lihat tabel 5.2). Nilai stabilitas terpakai diperoleh dengan rumus :

$$q = 10,2 \times s \times 0,4536 \times i \text{ (kg)}$$

Dimana :

q = Nilai stabilitas

s = Pembacaan arloji stabilitas

i = Angka koreksi tebal benda uji

10,24 = Kalibrasi alat

0,4536 = Perubahan satuan (lb menjadi kg)

5. Marshall Quotient (MQ)

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

Tabel 5.2 Angka koreksi tebal benda uji

Isi benda uji (cm ³)	Tebal (mm)	Angka koreksi
200 - 213	25,4	5,56
214 - 225	27,0	5,00
226 - 237	28,6	4,55
238 - 250	30,2	4,17
251 - 264	31,8	3,85
265 - 276	33,3	3,57
277 - 289	34,9	3,33
290 - 301	36,5	3,03
302 - 316	38,1	2,78
317 - 328	39,7	2,50
329 - 340	41,3	2,27
341 - 353	42,9	2,08
354 - 367	44,4	1,92
368 - 379	46,0	1,79
380 - 392	47,6	1,67
393 - 405	49,2	1,56
406 - 420	50,8	1,47
421 - 431	52,4	1,39
432 - 443	54,0	1,32
444 - 456	55,6	1,25
457 - 470	57,2	1,19
471 - 482	58,7	1,14
483 - 495	60,3	1,09
496 - 508	61,9	1,04
509 - 522	63,5	1,00
523 - 535	64,0	0,96
536 - 546	65,1	0,93
547 - 559	66,7	0,93
560 - 573	68,3	0,89
574 - 585	71,4	0,86
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,5	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Sumber : Petunjuk praktikum jalan raya.

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil penelitian

Dari serangkaian pengujian bahan dan campuran Split Mastic Asphalt dengan cara Marshall diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 6.1 sampai dengan Tabel 6.7, hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1 sampai dengan 10.

6.1.1 Hasil pengujian bahan

Tabel 6.1 Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian laboratorium.

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat*)	Hasil
01.	Keausan dengan mesin Los Angeles (%)	maksimal 40	34,70
02.	Kelekatan terhadap aspal (%)	> 95	100,00
03.	Penyerapan air (%)	maksimal 3	2,22
04.	Berat jenis (gr/cm^3)	minimal 2,5	2,56

*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Tabel 6.2 Persyaratan agregat halus dan hasil pengujian laboratorium

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat*)	Hasil
01.	Nilai sand equivalent (%)	minimal 50	83,07
02.	Peresapan terhadap air (%)	maksimal 3	1,01
03.	Berat jenis (gr/cm^3)	minimal 2,5	2,70

*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Tabel 6.3 Persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil penelitian laboratorium.

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)		Hasil
		Min.	Maks.	
01.	Penetrasi (0,1 mm)	60	79	68,95
02.	Titik lembek (°C)	48	58	54,50
03.	Titik nyala (°C)	200	-	334,00
04.	Kelarutan dalam CCl ₄ (%)	99	-	99,10
05.	Berat jenis (gr/cm ³)	1	-	1,0376
06.	Pemeriksaan Daktilitas	100	-	123,3

*) Sumber : Spesifikasi Aspal Beton (Hotmix SMA), Dit. Jend. Bina Marga DPU.

Dari hasil pengujian bahan-bahan seperti di atas, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penelitian.

6.1.2 Hasil pengujian kadar aspal optimum

Dari analisis terhadap prosentase aspal yang divariasikan dan dengan jumlah tumbukan 75 kali, yang diuji dengan tes Marshall maka diperoleh kadar aspal optimum 6,55 %. Hasil tersebut didapat dari data hasil dan hitungan.

Contoh hitungan hanya disajikan untuk kadar aspal 6,3 %, hitungannya adalah sebagai berikut :

berat jenis aspal : 1,0376 gr/cm³

$$\begin{aligned}
 a = \% \text{ aspal terhadap batuan} &= \frac{6,3 \%}{100 - 6,3 \%} \times 100 \% \\
 &= 6,723 \%
 \end{aligned}$$

$$b = \% \text{ aspal terhadap campuran} = 6,3 \%$$

$$c = \text{berat sebelum direndam} = 1173 \text{ gram}$$

e = berat dalam air = 680 gram

f = volume (isi) sampel = d - e = 496 gram

$$g = \text{berat isi sampel} = \frac{c}{f} = 2,364$$

h = berat jenis maksimum teoritis = 2,436

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J. aspal}} = 14,09$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J. agregat}} = 82,99$$

k = (100 - i - j) jumlah kandungan rongga = 2,919

l = (100 - j) rongga terhadap agregat = 17,006

$$m = \left[100 \times \frac{i}{l} \right] \text{ rongga yang terisi aspal (VFVA)} = 82,8368$$

$$n = (100) - \left(100 \times \frac{g}{h} \right) = 2,9188$$

o = pembacaan arloji (stabilitas) = 290

p = p x koreksi tebal sampel (STABILITAS) = 1058,48

q = FLOW (kelelahan plastis) = 3,556

Untuk hasil hitungan kadar aspal 6,3; 6,7; 7,1 dan 7,5 % dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil uji Marshall dengan variasi kadar aspal.

Karakteristik	kadar aspal			
	6,3 %	6,7 %	7,1 %	7,5 %
VIM (%)	3,7203	3,5137	2,322	3,1467
VFWA (%)	79,239	80,903	87,263	83,976
Stabilitas (kg)	965,279	809,458	1650,56	1397,56
Flow (mm)	3,429	3,217	3,471	3,556

6.1.3 Hasil pengujian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai-nilai VIM (Void In the Mix = % rongga dalam campuran), stabilitas, flow dan Marshall quotient seperti yang terdapat pada tabel 6.5 sebagai berikut ini.

Contoh hitungan hanya disajikan untuk 85 x tumbukan, hitungannya adalah sebagai berikut :

berat jenis aspal : 1,0376 gr/cm³

$$a = \% \text{ aspal terhadap batuan} = \frac{6,55}{100-6,55} \times 100 \% \\ = 7,032 \%$$

$$b = \% \text{ aspal terhadap campuran} = 6,55 \%$$

$$c = \% \text{ berat sebelum direndam} = 1180 \text{ gram}$$

$$d = \text{berat dalam keadaan jenuh} = 1187 \text{ gram}$$

$$e = \text{berat dalam air} = 679 \text{ gram}$$

$$f = \text{Volume (isi)} = d - e = 508 \text{ gram}$$

$$g = \text{berat isi sampel} = \frac{c}{f} = 2,323$$

$$h = \text{berat jenis maksimum teoritis} = 2,397$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{B.J. aspal}} = 14,67$$

$$j = \frac{(100 - b) g}{\text{B.J. agregat}} = 82,44$$

$$k = (100 - i - j) \text{ jumlah kandungan rongga} = 3,91$$

$$l = (100 - j) \text{ rongga terhadap agregat} = 17,56$$

$$m = \left[100 \times \frac{i}{l} \right] \text{ rongga yang terisi aspal (VFWA)} = 81,83$$

$$n = (100) - \left(100 \times \frac{g}{h} \right) = 3,21$$

$$o = \text{pembacaan arloji stabilitas} = 289$$

$$q = p \times \text{koreksi tebal sampel (STABILITAS)} = 974$$

$$r = \text{FLOW (kelelahan plastis)} = 4,080$$

Untuk hasil hitungan variasi tumbukan 55x, 65x, 75x, 85x pada Split Mastic Asphalt yang mengalami pemanasan ulang dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Hasil Uji Marshall Setelah Penurunan Suhu.

Karakteristik	VARIASI TUMBUKAN			
	55x	65x	75x	85x
VIM (%)	3,95	3,63	3,47	3,19
VFWA (%)	78,86	80,18	80,60	81,83
Stabilitas (kg)	660	693	743	870
Flow (mm)	4,250	4,080	3,995	3,315
QM (kg/mm)	168	176	186	241

Tabel 6.6 Hasil uji Marshall standar

Karakteristik	Standar 75x
VIM (%)	4,020
VFWA	78,08
Stabilitas (kg)	865
Flow (mm)	3,237
QM (kg/mm)	271

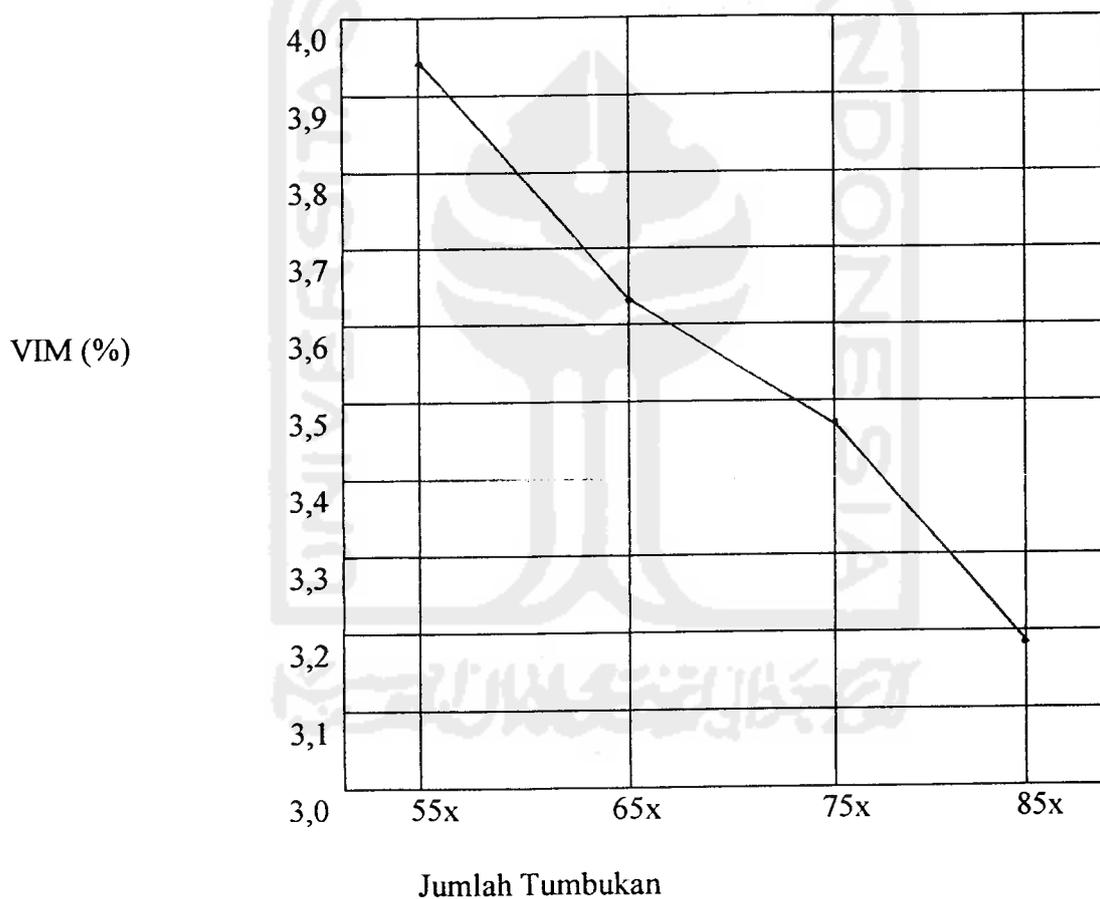
6.2 Pembahasan

6.2.1 Pengaruh jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang terhadap VIM (Void In Mix)

Volume rongga dalam campuran (VIM), dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total.

Semakin banyak jumlah tumbukan, semakin besar besar gaya desak akibat beban yang didukung. Sehingga mendesak butiran bahan pengisi dalam campuran untuk mengisi rongga yang tersedia, akibatnya rongga mengecil.

Standar nilai VIM 3% - 5%. Campuran dengan nilai VIM rendah menunjukkan kekakuan campuran relatif tinggi. Sedang nilai VIM yang besar campuran bersifat elastis.



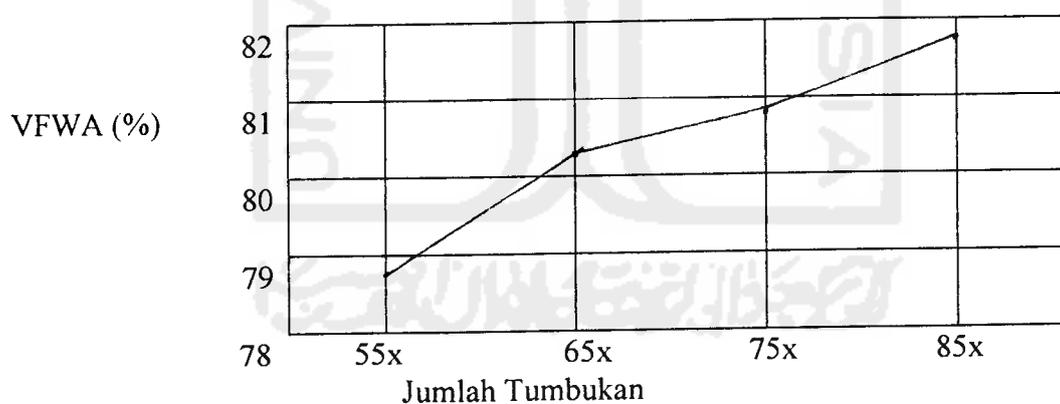
Gambar 6.1 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan VIM

6.2.2 Pengaruh jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Nilai VFWA berbanding terbalik dengan Void in Mix.

Tumbukan yang berulang menjadikan rongga yang terisi nilainya besar sehingga VFWA-nya besar.

Standar nilai VFWA $> 75\%$. Nilai VFWA yang terlalu kecil berarti rongga yang ada cukup besar sehingga kedepan kecil. Nilai VFWA yang terlalu besar berarti rongga yang ada relatif kecil, bila perkerasan menerima beban maka sebagian aspal akan mencari tempat kosong (rongga), bila rongga yang tersedia telah terisi, maka aspal akan naik yang menyebabkan bleeding.



Keterangan : • Nilai Rata-rata

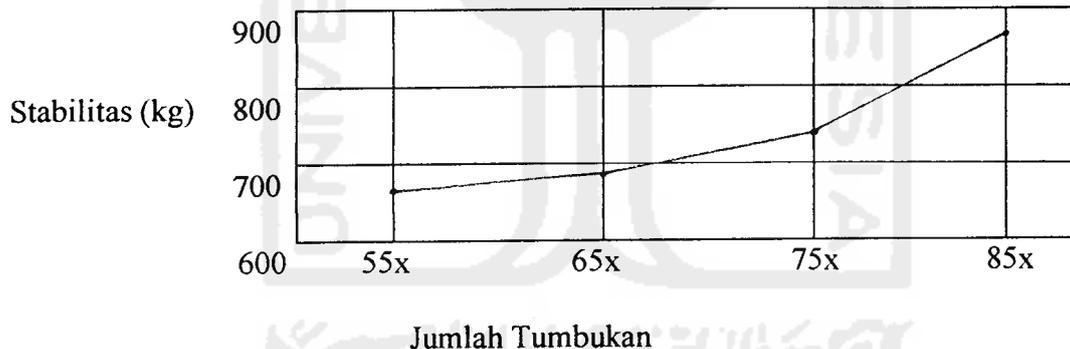
Gambar 6.2 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan VFWA

6.2.3 Pengaruh jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang terhadap stabilitas

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

Tumbukan yang sedikit mengakibatkan campuran lebih elastis, sehingga beban yang mampu didukung relatif kecil. Tumbukan yang terlalu besar mengakibatkan campuran bersifat kaku, sehingga beban yang mampu didukung relatif besar.

Tumbukan yang diperlukan pada perkerasan adalah tumbukan yang optimal yang menyebabkan kemampuan untuk mendukung beban juga optimal. Pada penelitian ini diperoleh tumbukan optimal sejumlah 76 - 85 kali tumbukan.



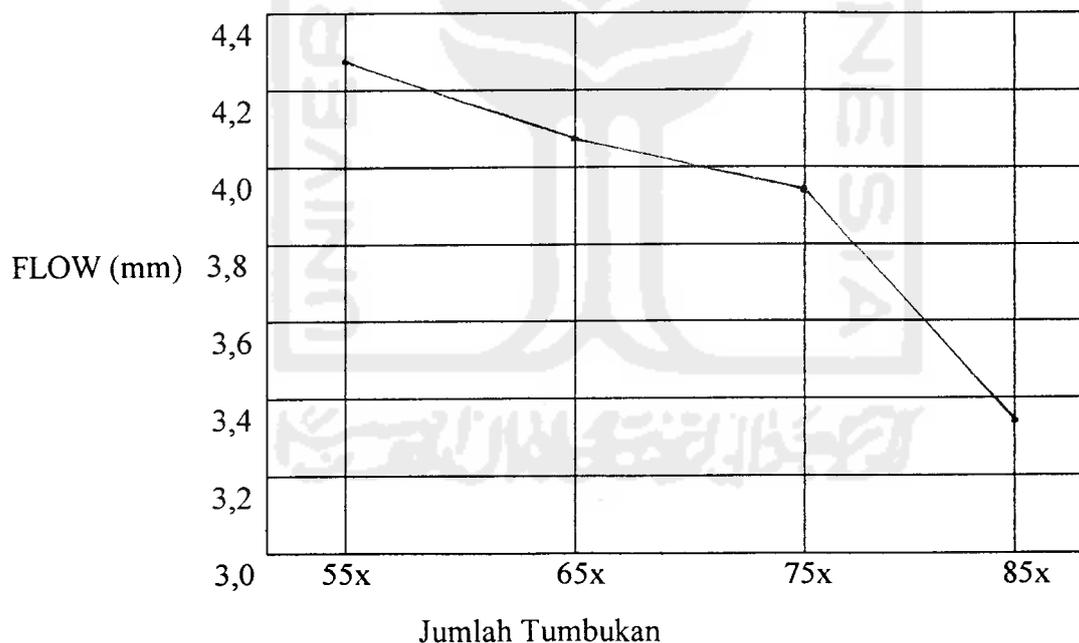
Keterangan : • Nilai Rata-rata

Gambar 6.3 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan stabilitas

6.2.4 Pengaruh jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang terhadap nilai Flow

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya deformasi pada campuran akibat beban yang bekerja. Tumbukan yang makin bertambah besar menyebabkan agregat dalam campuran lebih rapat. Sehingga makin berkurang kelelehannya. Menunjukkan nilai kelelahan (flow) mengecil.

Standar nilai flow : 2 - 4 (mm). Nilai flow yang kecil menunjukkan deformasi dari campuran akibat beban yang bekerja kecil. Nilai flow besar menunjukkan deformasi dari campuran akibat yang bekerja besar.



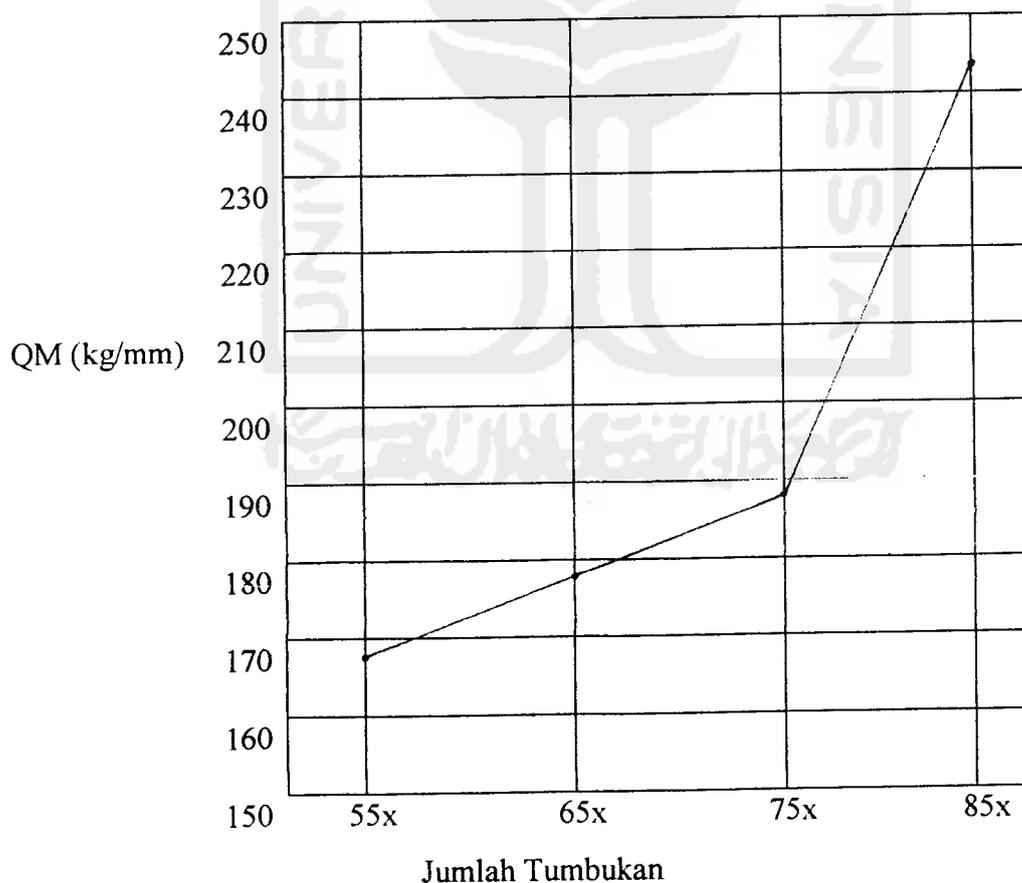
Keterangan : • Nilai Rata-rata

Gambar 6.4 Grafik jumlah tumbukan dengan flow

6.2.5 Pengaruh jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang terhadap nilai QM (Quotient Marshall).

Nilai QM (Quotient Marshall) merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Tumbukan yang makin besar menyebabkan campuran lebih bersifat kaku/getas, karena agregat dalam campuran lebih rapat. Menunjukkan nilai QM-nya besar.

Standar nilai flow : 190 - 300 (kg/mm). Nilai flow yang terlalu kecil menunjukkan campuran bersifat kaku, sehingga waktu beban bekerja deformasi yang terjadi relatif kecil.



Keterangan : • Nilai Rata-rata

Gambar 6.5 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan Quotient Marshall

6.2.6 Perbandingan jumlah tumbukan pada campuran yang mengalami pemanasan ulang dengan campuran yang belum mengalami pemanasan ulang pada tumbukan 75 kali.

Tabel 6.7 Hasil uji Marshall antara campuran standar dengan campuran yang mengalami pemanasan ulang.

Karakteristik	Dengan pemanasan ulang (Reheating)	Tanpa pemanasan ulang (Standar)
VIM (%)	3,47	4,020
VFWA (%)	80,60	78,08
Stabilitas (kg)	743	865
flow (mm)	3,995	3,237
QM (kg/mm)	188	271

1. VIM

Nilai viskositas yang tinggi berarti rongga dalam campuran banyak yang terisi butiran bahan pengisi disebabkan proses penyelimutan aspal pada waktu pekerjaan pencampuran dan pemanasan ulang sehingga aspal dapat lebih masuk ke dalam pori batuan. Sehingga rongga yang tidak terisi nilainya kecil.

2. VFWA

Nilai viskositas yang tinggi menunjukkan rongga yang terisi butir bahan pengisi banyak, artinya nilai VFWA besar.

3. Stabilitas

Dilihat dari struktur campuran yang menunjukkan pori mengecil, VFWA dan density membesar seharusnya stabilitas membesar . Tapi karena mengalami pemanasan ulang menyebabkan daya lekat aspal berkurang sehingga stabilitas turun.

4. Flow

Aspal pada campuran yang mengalami pemanasan ulang berkurang daya ikatnya, bila menerima beban lebih mudah mengalami deformasi. Nilai flow (kelelahan) besar.

5. QM (Quotient Marshall)

Campuran yang nilai viskositas tinggi mempunyai sifat kaku, sehingga kemampuan daya dukungnya kecil. Sedangkan daya ikat aspal yang kecil mengakibatkan nilai kelelahan besar. Menunjukkan QM-nya kecil.

$$QM = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \quad (\text{kg/mm})$$

6.2.7 Evaluasi hasil laboratorium terhadap spesifikasi

Dari hasil penelitian, jumlah tumbukan pada campuran Split Mastic Asphalt yang mengalami pemanasan ulang, yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah sebagai berikut ini.

Tabel 6.8 Hasil Uji Marshall di Laboratorium

Persyaratan	Jumlah Tumbukan			
	55x	65x	75x	85x
Bina Marga				
VFWA > 75%	—————			
VIM 3-5%	—————			
Stability > 750 kg			—————	
Flow 2-4 mm			—————	
QM 190-300 kg/mm			—————	

Keterangan : ————— memenuhi spesifikasi

Dari Tabel 6.8 didapatkan jumlah tumbukan optimal adalah 76-85 kali tumbukan.

6.2.8 Modulus kekakuan aspal (S bit)

Pada perhitungan asphalt stiffness (modulus kekakuan aspal) dengan menggunakan nomogram dikembangkan oleh Van der Poel dan formula diturunkan oleh Ullidz. Pada penentuan nilai kekakuan aspal ini temperatur perkerasan rata-rata di Indonesia yaitu 30⁰ C. Panjang jejak roda diambil 25 cm, dengan asumsi kecepatan kendaraan (V) = 50 km/jam. Contoh perhitungan :

a. Modulus kekakuan aspal (S bit) menggunakan nomogram Van der poel

t = waktu pembebanan (detik)

v = kecepatan kendaraan (Km/ jam), diambil 50 km/ jam

l = panjang jejak roda (cm), diambil 25 cm

T = temperatur rencana perkerasan (° C), diambil 30° C

$$1. t = \frac{l}{v} \text{ (detik)}$$

$$= \frac{0,25 \cdot 3600}{50000}$$

$$= 0,018 \text{ detik}$$

2. Titik lembek aspal (Trb) = 54,5° C

3. Penetrasi aspal pada suhu 25 C (Pi) = 68,95° C

4. Suhu antara (Trb - T) = 54,5° C - 30° C = 24,5° C

5. Penetration Index (PIr)

$$PIr = \frac{27 \log Pi - 21,65}{76,35 \log Pi - 232,82}$$

$$PIr = \frac{27 \log Pi 68,95 - 21,65}{76,35 \log 68,95 - 232,82}$$

$$= -0,3028$$

Dari data (1), (4), dan (5) dengan nomogram Van der Poel, maka didapat nilai kekakuan aspal (S bit) sebesar $= 10^7 \text{ N / m}^2$.

b. Modulus kekakuan (S bit) menggunakan formula Ullidz

$$\begin{aligned} P_r &= 0,65 \cdot P_i \\ &= 0,65 \cdot 68,95 \\ &= 44,82 \end{aligned}$$

$$P_{Ir} = \frac{27 \log P_i - 21,65}{76,35 \log P_i - 232,82}$$

$$P_{Ir} = \frac{27 \log 68,95 - 21,65}{76,35 \log 68,95 - 232,82}$$

$$= -0,3028$$

$$\begin{aligned} S_{Pr} &= 94,8 - 26,35 \log P_r \\ &= 94,8 - 26,35 \log 44,82 \\ &= 51,284 \end{aligned}$$

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-P_{Ir}} \times (S_{Pr} - T)^5$$

$$\begin{aligned} S_b &= 1,157 \times 10^{-7} \times 0,018^{-0,368} \times 2,718^{(-0,3028)} \times (51,284)^5 \\ &= 1,637452061 \text{ Mpa} \\ &= 0,16 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Dari kedua cara tersebut di atas untuk mencari nilai kekakuan aspal baik yang menggunakan nomogram Van der Poel maupun dengan rumus Ullidz didapat nilai yang tidak terlalu jauh berbeda.

6.2.9 Modulus kekakuan campuran (S mix)

Pada penelitian ini dicari nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan nomogram dari Shell.

Contoh perhitungan sebagai berikut ini.

Sebagai contoh diambil dari sampel dengan jumlah tumbukan 85x.

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

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

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m) \times 100}{\sigma_{max}}$$

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

$$M_a = \frac{1200 - 78,6}{1200} \times 100\% = 93,45\%$$

$$M_b = \frac{78,6}{1200} \times 100\% = 6,55\%$$

$$\sigma_{\max} = \frac{100 \times 1}{(6,55/1,0376) + (93,45/2,63)} = 2,3898$$

$$V_v = \frac{(2,3949 - 2,316) \times 100}{2,3898} = 3,0881$$

$$V_b = \frac{(100 - 3,0881) \cdot (6,55/1,0376)}{(6,55/1,0376) + (93,45/2,63)} = 14,620$$

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

$$\begin{aligned} V_g &= 100\% - 3,0881 - 14,620 \\ &= 82,292 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas selanjutnya dicari nilai kekakuan campuran dari nomogram Shell. Dari nomogram tersebut didapat kekakuan campuran = $1,0 \times 10^7$ N/m².

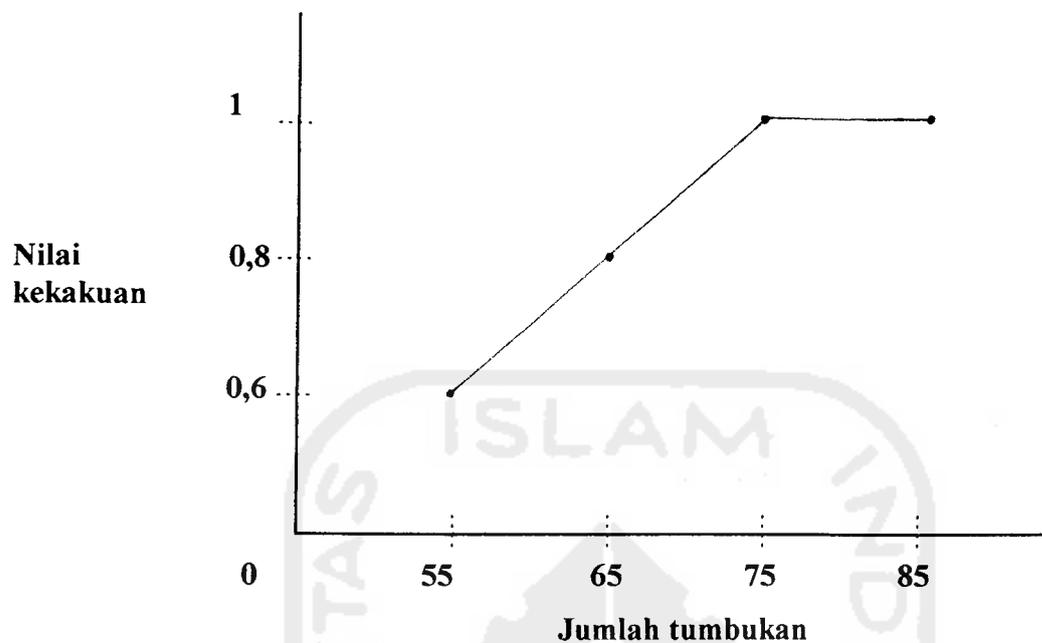
Hasil perhitungan seluruh sampel dapat dilihat pada tabel 6.9.

Tabel 6.9 Perhitungan kekakuan campuran yang mengalami pemanasan ulang dari nomogram Shell

No.	Pukulan	σ max	Tabel Marshall (g)	Vv	Vb	Vg	Kekakuan campuran (N/m ²) x 10 ⁹
1	55	2,3898	2,297	3,8831	14,4997	81,6170	0,6
2	65	2,3898	2,307	3,4508	14,5651	81,9841	0,8
3	75	2,3898	2,310	3,3531	14,5798	82,0670	1,0
4	85	2,3898	2,322	2,8231	14,6598	82,5170	1,0

Tabel 6.10 Perhitungan kekakuan campuran standar dari nomogram Shell

No.	Pukulan	σ max	Tabel Marshall (g)	Vv	Vb	Vg	Kekakuan campuran (N/m ²) x 10 ⁹
1	75	2,3898	2,301	3,7158	14,5254	81,7588	0,8



Gambar 6.6 Grafik hubungan jumlah tumbukan dengan nilai kekakuan campuran

Ditinjau dari nilai kekakuan campuran, jumlah tumbukan optimal pada campuran yang mengalami pemanasan ulang adalah 65 kali tumbukan, karena mempunyai nilai kekakuan $0,8 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ sama dengan nilai kekakuan pada campuran standar.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada jumlah tumbukan 85 x.
2. Campuran split mastic asphalt + serat selulosa yang mengalami pemanasan ulang dengan tumbukan 55 x, 65 x, 75 x, 85 x, menghasilkan nilai flow mengecil yaitu 4,25 mm, 4,080 mm, 3,995 mm, 3,315 mm.
3. Dari hasil penelitian didapat bahwa nilai VIM (Void In Mix) mengecil akibat bertambahnya jumlah tumbukan dan pemanasan ulang, yaitu untuk pukulan 55 x, 65 x, 75 x, 85 x, menghasilkan nilai VIM (Void In Mix) yang mengecil 3,95%, 3,63%, 3,47%, 3,19%.
4. Makin banyak jumlah tumbukan nilai VFWA (Void Filled With Asphalt) makin besar, yaitu untuk jumlah tumbukan 55x, 65x, 75x, 85x, nilai VFWA (Void Filled With Asphalt) 78,86%, 80,18%, 80,60%, 81,83%.
5. Dari hasil penelitian didapat bahwa nilai QM (Quotient Marshall) meningkat dengan bertambahnya jumlah tumbukan, yaitu untuk tumbukan 55x, 65x, 75x, 85x, menghasilkan nilai QM (Quotient Marshall) 168 kg/mm, 176 kg/mm, 186 kg/mm, 241 kg/mm. Nilai tersebut sesuai dengan spesifikasi Bina Marga yaitu antara 190 kg/mm - 300 kg/mm.
6. Dari Tabel 6.8 dapat disimpulkan bahwa jumlah pukulan optimum pada campuran yang mengalami pemanasan ulang adalah berkisar antara 76 - 85 tumbukan.

7.2 Saran-saran

Melihat hasil penelitian yang dilakukan, dengan tidak menutupi kemungkinan terjadi penyimpangan maka kami sarankan hendaklah dapat ditindak lanjuti oleh yang berwenang dan berkepentingan dalam Split Mastic Asphalt ini.

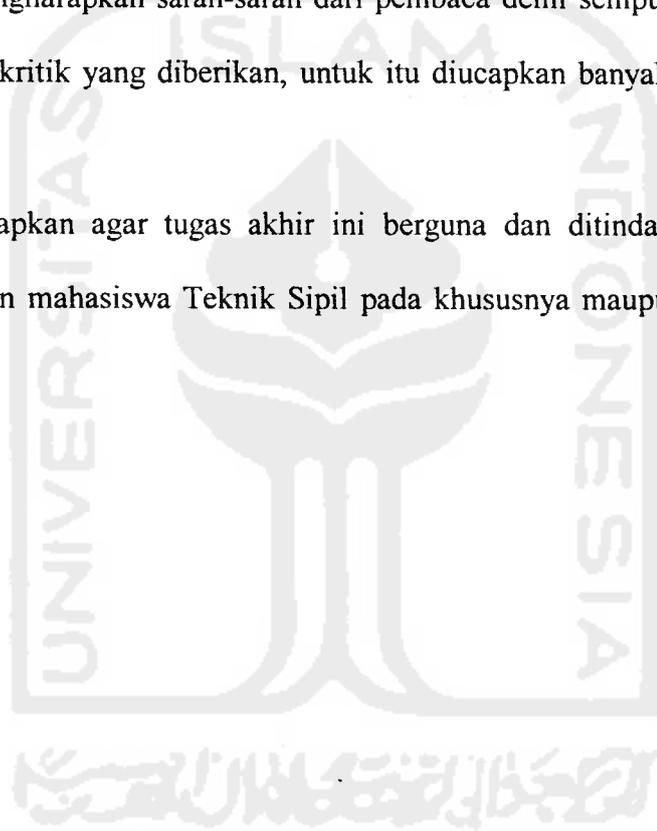
Dari pengalaman melaksanakan penelitian di laboratorium dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Karena sifatnya percobaan pengujian di laboratorium maka diperlukan ketelitian dalam pengukuran, penimbangan serta ketelitian dalam pembacaan data yang dihasilkan. Begitu pula untuk ketentuan-ketentuan yang berhubungan dengan penelitian harus diawasi secara ketat.
2. Pada pengukuran waktu penurunan suhu hendaknya diperhatikan dengan betul, penurunan suhu yang lebih besar akan berpengaruh terhadap perilaku campuran.
3. Untuk mendapatkan perkerasan yang optimal pada campuran yang telah mengalami pemanasan ulang diperlukan penambahan jumlah tumbukan, dapat dicoba untuk jumlah tumbukan di atas 85 kali.

PENUTUP

Demikian penyusunan tugas akhir ini, namun disadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, baik dari materi maupun dari penyampaiannya yang semata-mata karena keterbatasan waktu dan dana serta keterbatasan kemampuan peneliti, maka dari itu peneliti mengharapkan saran-saran dari pembaca demi sempurnanya tulisan ini. Atas saran dan kritik yang diberikan, untuk itu diucapkan banyak terima kasih sebelumnya.

Akhirnya diharapkan agar tugas akhir ini berguna dan ditindak lanjuti bagi pembaca rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya maupun masyarakat pada umumnya.



DAFTAR PUSTAKA

1. Asphalt Institute, Manual Series No. 22, 1983; "Principles of Construction of Hot Mix Asphalt Pavements".
2. Brown Stephen, Prof, 1990; "The Shell Bitumen Handbook", Published by Shell Bitumen U.K.
3. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992; "Buku III Spesifikasi Umum", Jakarta.
4. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 13/PT/B/1983; "Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)".
5. Djoko Murwono, Ir, Msc., dan Dewanti, Ir, MS., 1996; "Bahan Jalan dan Metoda Pelaksanaan" (Kursus Manajemen Pelaksanaan Pembangunan Jalan), Yogyakarta.
6. E. J. Yoder and Matthew W. Witzcak , 1975; "Principles of Pavement Design".
7. FA. Mujiono , Ir, CES , 1994; "Spesifikasi Aspal Beton (Hot Mix Split Mastic Asphalt)", Bandung.
8. Kerbs R.D. and Walker R.D. , 1971; "Highway Material", Mc Graw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
9. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan UII, "Panduan Praktikum Jalan Raya IV", Yogyakarta
10. Lismanto dan Muhammad As'ad, 1993; "Mekanisme Stabilisasi Aspal oleh Serat Selulosa di Dalam Campuran Split Mastic Asphalt", Jakarta.

11. Moh. Ali Khairuddin, 1993; “Tinjauan Umum Hasil Aplikasi Split Mastic Asphalt”, Jakarta.
12. Silvia Sukirman, 1992; “Perkerasan Lentur Jalan Raya”, Bandung.
13. Suprpto Totomiharjo, Ir,MSc, 1995; “Bahan dan Struktur Jalan Raya”, Biro Penerbit KMTS UGM.



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT

LOLOS SARINGAN	TERTAHAN SARINGAN	BENDA UJI
72,2 mm	63,5 mm	
63,5 mm	50,8 mm	
50,8 mm	37,5 mm	
37,5 mm	25,4 mm	
25,4 mm	19,0 mm	
19,0 mm	12,5 mm	2500
12,5 mm	9,5 mm	2500
9,5 mm	6,3 mm	
6,3 mm	4,75 mm	
6,75 mm	2,36 mm	
JUMLAH BENDA UJI		5000
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3265
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$		34,7 %

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARKAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan jenuh (SSD) (BJ)	1521
Berat benda uji dalam air (BA)	941
Berat benda uji kering oven (BK)	1488
Berat jenis (Bulk) (BJ - BA)	2,56
Berat jenis (SSD) (BJ - BA)	2,62
Berat jenis semu (Apparent) (BK - BA)	2,72
Berat jenis (Bulk) x 100 % BA	2,22

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARKAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam permukaan jenuh (SSD)	500
Berat Vionometer + Air (B)	665
Berat Vionometer + Air + Benda ujin (BT)	982
Berat benda uji kering oven (BK)	495
Berat jenis (Bulk) $\frac{\text{---}}{(B + 500 - BT)}$	2,70
Berat jenis (SSD) $\frac{\text{---}}{(B + 500 - BT)}$	2,73
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{\text{---}}{BA}$	2,780
Penyerapan (Absorption) $\frac{\text{---}}{(BK)} \times 100 \%$	1,01

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARCAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

No.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
1	Berat vionometer kosong	29 gram
2	Berat vionometer + aquades penuh	78,90 gram
3	Berat air (2 - 1)	49,9 gram
4	Berat vionometer + contoh aspal	30,44 gram
5	Berat contoh aspal (4 - 1)	1,44 gram
6	Berat vionometer + contoh + aquades	78,98 gram
7	Berat airnya saja (6 - 4)	48,51 gram
8	Isi contoh/air yang dipindahkan (3 - 7)	1,39 gram
9	Berat jenis aspal (5/8)	1,0376 gram

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARKAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Sket Hasil Pemeriksaan	No.	Cawan I	Cawan II
+ 5	1	70	70
	2	69	67
+ 4 + 1 + 2	3	68,5	67
	4	70	69
+ 3	5	69	70
Rata-rata		69,3	68,6

$$\text{Rata - rata Penetrasi} = \frac{\text{I} + \text{II}}{2} = \frac{69,3 + 68,6}{2} = 68,95$$

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARCAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN BAKAR ASPAL

Cawan	Titik nyala	Titik bakar
I	334 °C	340°C
II	334°C	340°C
Rata-rata	334°C	340°C

PEMERIKSAAN TITIK LEMBЕК ASPAL

Suhu yang diamati (°C)	Waktu I (detik)	Waktu II (detik)
5	0	0
10	150	150
15	267	267
20	275	275
25	335	335
30	445	445
35	555	555
40	565	565
45	608	608
50	666	666,5
Suhu titik lembek	54°C	55°C
Suhu rata-rata		54,5°C

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARKAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN DAKTILITAS

Daktalitas pada suhu 25°C kecepatan 5 cm/menit	Pembacaan pengukuran pada alat
Pengamatan I	> 123,3
Pengamatan II	> 123,3
Rata-rata (I+II)	123,3

PEMERIKSAAN KELEKATAN ASPAL

	Contoh % dari permukaan yang diselimuti aspal
Pengamatan	100 %

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARKAH, MT)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL4

1. Berat botol erlemeyer kosong	74,15 gram
2. Berat erlemeyer + aspal	76,44 gram
3. Berat aspal (2 - 1)	2,29 gram
4. Berat kertas saring bersih	0,50 gram
5. Bersih kertas saring + endapan	0,52 gram
6. Berat endapan	0,02 gram
7. Persentase endapan $\frac{6}{3} \times 100 \%$	0,87 gram
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	99,13 gram

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Trial number	1	2
Clay reading	4,85	4,9
Sand reading	4	4,1
SE = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$	82,47 %	83,67 %
Avarage Sand Equivalent	17,53 %	16,33 %

Mengetahui Kepala Laboratorium

(IR SUBARCAH, MT)

Asal material : PT. Perwita Karya Yogyakarta
 Jenis Campuran : Split Mastic Asphalt + Selulosa
 Di kerjakan Oleh : Sri Aminah + Farida Nurharyati



Tanggal : 10 Oktober 1996
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

HASIL UJI MARSHALL

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QMI
S 1	65.1	7.032	6.55	1184	1192	682	510	2.32157	2.3898	14.37	82.44	3.19	17.56	81.834	3.21	251	904	841	3.06	274.837
S 2	66.2	7.032	6.55	1183	1194	675	519	2.27938	2.3898	14.12	81.04	4.84	18.96	74.473	4.88	236	1027	926	3.825	242.092
S 3	65.96	7.032	6.55	1194	1204	685	519	2.30058	2.3898	14.25	81.72	4.03	18.28	77.954	4.05	254	911	828	2.805	295.187
A 1	64.8	7.032	6.55	1180	1187	679	508	2.32283	2.3898	14.37	82.44	3.19	17.56	81.834	3.21	239	1037	974	4.08	238.725
A 2	64.3	7.032	6.55	1190	1196	684	512	2.32422	2.3898	14.37	82.44	3.19	17.56	81.834	3.21	246	886	848	3.06	277.124
A 3	64.6	7.032	6.55	1188	1195	683	512	2.32031	2.3898	14.37	82.44	3.19	17.56	81.834	3.21	233	841	794	2.805	283.066
B 1	64.03	7.032	6.55	1181	1188	680	508	2.3348	2.3898	14.43	82.79	2.78	17.21	83.847	2.79	216	781	749	4.08	183.578
B 2	64.47	7.032	6.55	1181	1188	679	509	2.32024	2.3898	14.37	82.44	3.19	17.56	81.834	3.21	213	771	731	3.825	191.111
B 3	64.95	7.032	6.55	1185	1185	679	506	2.3419	2.3898	14.5	81.62	3.88	18.38	78.89	4.46	216	781	749	4.08	183.578
C 1	64.68	7.032	6.55	1180	1189	679	510	2.31373	2.3898	14.58	82.08	3.34	17.92	81.362	3.63	200	723	681	4.335	157.093
C 2	64.3	7.032	6.55	1181	1196	685	511	2.31115	2.3898	14.64	82.08	3.28	17.92	81.696	3.63	203	735	700	4.08	171.569
C 3	64.78	7.032	6.55	1185	1192	676	516	2.29651	2.3898	14.46	81.37	4.17	18.63	77.617	4.46	205	742	698	4.08	171.078
D 1	65.75	7.032	6.55	1180	1180	670	510	2.31373	2.3898	14.46	81.37	4.17	18.63	77.617	4.46	197	714	653	4.08	160.049
D 2	65.95	7.032	6.55	1180	1188	670	518	2.27799	2.3898	14.46	81.37	4.17	18.63	77.617	4.46	200	723	657	4.335	151.557
D 3	64.48	7.032	6.55	1180	1188	677	511	2.3092	2.3898	14.58	82.08	3.34	17.92	81.362	3.63	195	707	671	4.335	154.787

t = Tebal Benda Uji
 a = % Aspal terhadap batuan
 b = % Aspal terhadap Campuran
 c = Berat kering (sebelum direndam)
 d = Berat basah jenuh (SSD)
 e = Berat didalam air
 f = Volume (isi) d-e
 g = Berat isi c/f
 h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj Asp)}

i = (b x g) : Bj Asp
 j = (100 - b) x g : Bj Agregat
 k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)
 l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
 m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (l/i)
 n = Rongga yang terisi campuran 100 - (100 x (g/h))
 o = Pembacaan arloji stabilitas
 p = o x kalibrasi proving ring
 q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)
 QM = Quotien Marshall
 Suhu pencampuran = + 160 C
 Suhu pematatan =
 Suhu waterbath =
 B.J Aspal = 1,0376
 B.J Agregat = 2,63
 Diperiksa Oleh :
 Tanda tangan _____

TUGAS PENDADARAN

Dikerjakan oleh :

1. Farida Nurharyati, no. mhs. : 88 310 216
2. Sri Aminatun, no. mhs. : 86 310 019

Gradasi agregat dibedakan atas :

1. **Gradasi seragam (*uniform graded*)**, adalah agregat dengan ukuran hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
2. **Gradasi rapat (*dense graded*)**, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Agregat dinamakan bergradasi rapat (*curve fuller*) jika persen yang lolos setiap lapis dari gradasi memenuhi :

$$P = 100 \left(d / D \right)^{0.45}$$

dimana :

P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

3. **Gradasi timpang (*gap-graded*)**, merupakan campuran agregat yang sengaja dihilangkan 1 atau beberapa ukuran butirannya.

Gambar jenis-jenis gradasi agregat dapat dilihat pada lembar berikut ini.

Sifat-sifat yang dimiliki ketiga gradasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Gradasi seragam	Gradasi rapat	Gradasi timpang
1. Kontak antar butir baik	1. Kontak antar butir baik.	1. Kontak antar butir jelek.
2. Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi.	2. Seragam dan kepadatan tinggi.	2. Seragam tetapi kepadatan jelek.
3. Stabilitas dalam keadaan terbatas (<i>Confined</i>) tinggi.	3. Stabilitas tinggi.	3. Stabilitas sedang.
4. Stabilitas dalam keadaan lepas rendah.	4. Kuat menahan deformasi.	4. Stabilitas sangat rendah pada keadaan basah.
5. Sukar untuk dipadatkan.	5. Sukar sampai sedang usaha untuk dipadatkan.	5. Mudah dipadatkan.
6. Mudah diresapi air.	6. Tingkat permeabilitas cukup.	6. Tingkat permeabilitas rendah.

Kurva jenis-jenis gradasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

