

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH KARBID
SEBAGAI FILLER UNTUK CAMPURAN
SPLIT MASTIC ASPHALT + SERAT SELULOSA GRADING 0/8
KAITANNYA DENGAN NILAI STRUKTURAL**



Disusun Oleh :

YADI SURADI

No. Mhs : 85 310 151
NIRM : 855014330151

MOESTHOPO

No. Mhs : 2419
NIRM : 12075/81

MILIK PERPUSTAKAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII YOGYA

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

1996

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH KARBID SEBAGAI FILLER UNTUK CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT + SERAT SELULOSA GRADING 0/8 KAITANNYA DENGAN NILAI STRUKTURAL



Disusun Oleh :

YADI SURADI

No. Mhs : 85 310 151

NIRM : 855014330151

MOESTHOPO

No. Mhs : 2419

NIRM : 12075/81

MILIK PERPUSTAKAAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UII YOGYA

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

1996

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENELITIAN LABORATORIUM EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH KARBID SEBAGAI FILLER UNTUK CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT + SERAT SELULOSA GRADING 0/8 KAITANNYA DENGAN NILAI STRUKTURAL

*Telah dipertahankan dihadapan Team Penguji dalam
Ujian Pendadaran pada tanggal 12 Oktober 1996
dan dinyatakan lulus*

Yogyakarta, 12 Oktober 1996

Team Penguji :

1. Ir. Joko Murwono, MSc.



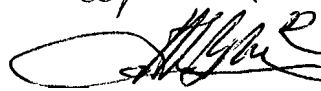
tanggal : 26-10-96

2. Ir. Corry Ya'cob, MS.



tanggal :

3. Ir. H. Balya Umar, MSc.



tanggal : 17-10-'96

HALAMAN MOTTO

*"Kepada Engkau kami mengabdikan, dan kepada Engkau kami mohon pertolongan".
"Pimpinlah kami pada jalan yang benar"
(Al-Fatihah : 4, 5)*

*"Atau adakah orang yang berbakti di waktu-waktu malam,
dengan sujud dan berdiri dalam takut kepada (azab) akhirat
dan mengharap rahmat Tuhannya itu (sama dengan lainnya) ?,
katakanlah : Apakah sama mereka yang tahu dan mereka yang tidak ?.
Tidak mengingat melainkan orang-orang yang mempunyai pikiran".
(Az-Zumar : 9)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan kepada :

- *Ibunda dan Ayahanda tercinta.*
- *Kakak-kakakku tercinta.*
- *Adik-adikku tercinta.*
- *Calon istriku tercinta.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur kehadlirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH KARBID SEBAGAI FILLER UNTUK CAMPURAN SMA + S GRADING 0/8 KAITANNYA DENGAN NILAI STRUKTURAL"**.

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

Penulis menyadari dalam menyusun Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Tak lupa penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, SU, selaku Dekan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Djoko Murwono, MSc, selaku Dosen Pembimbing I pada Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Corry Ya'cob, MS, selaku Dosen Pembimbing II pada Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc, selaku anggota Team Penguji pada Ujian Pendadaran di Fakultas Teknik Sipil

dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya FTSP, UII, Yogyakarta.
7. Saudara Syamsudin dan saudara Sukanto, selaku staf Laboratorium Jalan Raya FTSP, UII, Yogyakarta.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu hingga selesai penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Agustus 1996

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Manfaat Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Aspal.....	4
2.2 Agregat.....	5
2.3 Filler.....	6
2.4 Bahan Tambah.....	8
2.5 Split Mastik Aspal.....	9
2.5.1 Klasifikasi Campuran SMA.....	10
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Konstruksi Perkerasan.....	13
3.1.1 Jenis dan Fungsi Perkerasan Lentur.....	14
3.2 Syarat-syarat Struktural.....	15
3.3 Split Mastik Aspal + Serat Selulosa.....	16
3.3.1 Pengertian Umum.....	16
3.3.2 Bahan Pendukung.....	18
3.4 Karakteristik Campuran SMA + S.....	22
3.4.1 Ketahanan.....	23
3.4.2 Keawetan.....	24
3.4.3 Kelenturan.....	24
3.4.4 Kekesatan.....	25
3.4.5 Tahanan Kelelahan.....	25
3.4.6 Kemudahan Pelaksanaan.....	26
3.4.7 Impermeabilitas.....	26

3.5	Modulus Kekakuan.....	26
3.5.1	Kekakuan Bitumen.....	26
3.5.2	Kekakuan Campuran.....	30
BAB IV	HIPOTESIS.....	33
BAB V	METODOLOGI PENELITIAN.....	34
5.1	Bahan.....	34
5.1.1	Asal Bahan.....	34
5.1.2	Persyaratan dan Pengujian Bahan.....	34
5.2	Perencanaan Campuran.....	38
5.2.1	Agregat SMA Grading 0/8.....	38
5.2.2	Kadar Aspal Optimum.....	39
5.2.3	Kadar Serat Selulosa Optimum.....	40
5.3	Pelaksanaan Pengujian.....	40
5.3.1	Persiapan Benda Uji.....	40
5.3.2	Peralatan.....	42
5.3.3	Cara Pengujian Benda Uji.....	44
5.4	Anggapan Dasar.....	45
5.5	Cara Analitis.....	45
BAB VI	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	50
6.1	Hasil Penelitian.....	50
6.1.1	Hasil Pengujian Bahan.....	50
6.1.2	Hasil Pengujian Benda Uji.....	52
6.2	Pembahasan.....	53
6.2.1	Evaluasi terhadap Density.....	53
6.2.2	Evaluasi terhadap VITM.....	54
6.2.3	Evaluasi terhadap VFWA.....	55
6.2.4	Evaluasi terhadap Stabilitas.....	56
6.2.5	Evaluasi terhadap Flow.....	58
6.2.6	Evaluasi terhadap MQ.....	59
6.3	Modulus Kekakuan Bitumen.....	61
6.3.1	Contoh Hitungan S bit dengan Nomogram Van der Poel.....	62
6.3.2	Contoh Hitungan S bit dengan Formula Ullidz.....	62
6.4	Modulus Kekakuan Campuran.....	63
6.4.1	Contoh Hitungan Nomogram Shell.....	63
6.4.2	Contoh Hitungan dengan Formula Heukelom dan Klomp.....	64
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
7.1	Kesimpulan.....	69
7.2	Saran.....	71
	DAFTAR PUSTAKA.....	72
	LAMPIRAN	

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 3. 1 Gradasi Agregat SMA 0/8.....	17
Grafik 3. 2 Pembagian Ukuran Butiran.....	19
Grafik 3. 3 Nomogram Modulus Kekakuan Bitumen (S bit)...	29
Grafik 3. 4 Nomogram Modulus Kekakuan Campuran (S mix)...	32
Grafik 6. 1 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap Density.....	53
Grafik 6. 2 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap VITM.	54
Grafik 6. 3 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap VFWA.....	56
Grafik 6. 4 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap Stabilitas.....	57
Grafik 6. 5 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap Flow.....	58
Grafik 6. 6 Hubungan Kadar Filler dan Kadar Aspal Terhadap Marshall Quotient.....	59
Grafik 6. 7 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 5%..	66
Grafik 6. 8 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 6%..	67
Grafik 6. 9 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 7%..	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Hasil Analisa Kimia Kapur Karbid.....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi ZTV bit-Stb 84.....	11
Tabel 2. 3 Kriteria Disain Marshall.....	12
Tabel 3. 1 Spesifikasi ZTV bit-Stb 84.....	17
Tabel 3. 2 Kriteria Disain Marshall.....	18
Tabel 3. 3 Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70.....	20
Tabel 3. 4 Gradasi Material Filler.....	21
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Serat Selulosa CF-31500.....	22
Tabel 5. 1 Spesifikasi SMA grading 0/8.....	39
Tabel 5. 2 Kriteria Disain Marshall.....	39
Tabel 5. 3 Angka Koreksi Tebal Benda Uji.....	49
Tabel 6. 1 Persyaratan Agregat Kasar dan Hasil Pengujian di Laboratorium.....	50
Tabel 6. 2 Persyaratan Agregat Halus dan Hasil Pengujian di Laboratorium.....	50
Tabel 6. 3 Perhitungan Luas Permukaan Agregat.....	51
Tabel 6. 4 Perhitungan Ketebalan Film Aspal.....	51
Tabel 6. 5 Persyaratan Aspal AC 60-70 dan Hasil Pengujian di Laboratorium.....	51
Tabel 6. 6 Hasil Test Marshall untuk Filler Limbah Karbid dengan Kadar Aspal 5%.....	52
Tabel 6. 7 Hasil Test Marshall untuk Filler Limbah Karbid dengan Kadar Aspal 6%.....	52
Tabel 6. 8 Hasil Test Marshall untuk Filler Limbah Karbid dengan Kadar Aspal 7%.....	52
Tabel 6. 9 Evaluasi campuran SMA + S pada Kadar Aspal 5% Terhadap Spesifikasi Bina Marga.....	60
Tabel 6.10 Evaluasi campuran SMA + S pada Kadar Aspal 6% Terhadap Spesifikasi Bina Marga.....	61
Tabel 6.11 Evaluasi campuran SMA + S pada Kadar Aspal 7% Terhadap Spesifikasi Bina Marga.....	61
Tabel 6.12 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 5%...	66
Tabel 6.13 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 6%...	67
Tabel 6.14 S mix (Nomogram Shell) pada Kadar Aspal 7%...	68

INTISARI

Untuk memenuhi kebutuhan sarana lalu-lintas yang semakin kompleks terutama peningkatan kualitas struktur perkerasan jalan, maka diperlukan terobosan di bidang teknologi yang mampu memenuhi kriteria aman, nyaman dan ekonomis.

Teknologi Split Mastik Aspal dengan bahan tambah Serat Selulosa (SMA + S) sebagai lapis permukaan dinilai oleh para ahli memiliki banyak kelebihan seperti tahan terhadap oksidasi, tahan terhadap deformasi pada suhu tinggi, cukup fleksibel, aman dan mampu melayani lalu-lintas berat.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penggunaan limbah karbid sebagai filler untuk campuran Split Mastik Aspal + S grading 0/8. Perilaku campuran SMA + S tersebut diukur dari nilai kerapatan (Density), prosentase rongga dalam campuran (VITM), prosentase rongga terisi aspal (VFWA), ketahanan (Stabilitas), kelelahan (Flow), dan Marshall Quotient.

Dari hasil evaluasi SMA + S grading 0/8 dengan menggunakan filler limbah karbid, ternyata tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga. Namun demikian memiliki nilai struktural, dimana $E(35^{\circ}C, 0,018 \text{ detik})$ maksimum dicapai pada kadar filler 3% untuk kadar aspal 7% dengan besaran nilai $1,5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan adalah suatu proses panjang untuk memperoleh nilai tambah menuju peningkatan kesejahteraan dan kemakmuran. Tahap awal dari pembangunan adalah pengupayaan kondisi seimbang antara sektor pertanian dan sektor industri, sehingga mampu menghasilkan nilai tambah bagi laju pertumbuhan ekonomi.

Laju pertumbuhan ekonomi yang sehat dan mantap akan mewujudkan kondisi siap dalam menghadapi era perdagangan bebas di segala bidang. Pertumbuhan ekonomi perlu diimbangi dengan peningkatan sarana dan prasarana transportasi guna memperlancar arus penumpang dan barang. Peningkatan volume dan beban lalu-lintas harus didukung oleh prasarana jalan yang mampu melayani lalu-lintas baik secara kuantitas maupun kualitas.

Selain kendala terhadap kebutuhan prasarana transportasi yang meningkat, juga dihadapkan pada sumber daya yang terbatas. Untuk itu perlu diupayakan suatu cara yang lebih efisien dan ekonomis agar diperoleh hasil yang optimal. Salah satu teknologi yang dianggap mampu mengatasi kendala tersebut adalah teknologi **Split Mastik Aspal** yaitu campuran beton aspal panas dengan bahan tambah **Serat Selulosa**.

Teknologi **Split Mastik Aspal** dengan bahan tambah serat selulosa (SMA+S) lahir di Jerman sekitar tahun 1960.

Kini pemerintah Jerman telah memasukkan teknologi tersebut sebagai spesifikasi nasional dan dituangkan ke dalam standar ZTV bit-Stb 84. Teknologi ini telah berkembang menjadi teknologi konstruksi jalan yang diakui para pakar dan praktisi di seluruh dunia.

Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Jendral Bina Marga telah mengembangkan teknologi Split Mastik Aspal grading 0/11 untuk lapis permukaan jalan baru, sedangkan teknologi Split Mastik Aspal grading 0/8 digunakan untuk pelapisan ulang (*over lay*) pada jalan lama.

Berpijak pada hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian terhadap penggunaan limbah karbid sebagai filler untuk campuran Split Mastik Aspal grading 0/8 pada struktur lapis perkerasan jalan.

1.2 Manfaat Penelitian

Salah satu masalah yang timbul berkaitan dengan nilai struktural adalah proses kehilangan sifat adhesi dan daktilitas yang disebut *aging* (penuaan). Masalah tersebut dapat mengakibatkan kerusakan dini dan menimbulkan kerugian yang cukup berarti.

Manfaat daripada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui apakah limbah karbid sebagai filler pada campuran SMA grading 0/8 mampu mengatasi persoalan struktural yang mencakup:
 - a. Keamanan yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat kontak antara ban dan permukaan jalan yang dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur

permukaan jalan, cuaca, dan lain sebagainya.

- b. Wujud perkerasan sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, alur, bergelombang dan lain sebagainya.
 - c. Fungsi pelayanannya sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.
2. Diperoleh gambaran penggunaan filler limbah karbid dalam campuran Split Mastik Aspal grading 0/8 yang diharapkan mampu memberikan hasil sesuai spesifikasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik campuran Split Mastik Aspal grading 0/8 untuk filler limbah karbid berdasarkan Parameter Marshall.
2. Mendapatkan nilai kekakuan campuran Split Mastik Aspal grading 0/8 dengan filler limbah karbid.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai senyawa hydrocarbon berwarna hitam atau coklat tua, yang tersusun dari komposisi *Asphaltenes* dan *Maltenes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam heptane. *Maltenes* larut dalam heptane merupakan cairan kental yang terdiri dari resins dan oils. Resins memberikan sifat adhesi aspal merupakan bagian yang mudah berkurang atau hilang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan oils merupakan media dari *asphaltenes* dan resins.

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri. Selain itu juga berfungsi sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

Aspal yang digunakan harus memiliki:

1. Daya tahan yakni kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.
2. Adhesi dan kohesi. Adhesi adalah kemampuan aspal mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur. Aspal adalah material termoplastis yang akan menjadi keras atau kental bila temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair bila temperatur bertambah.
4. Kekerasan aspal. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Oksidasi menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi).¹

2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya baik berupa agregat alam maupun hasil pengolahan. Agregat berperan dalam mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan ke lapisan di bawahnya.

Pemilihan jenis agregat yang dipakai untuk konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan.²

Sifat agregat menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Kekuatan dan keawetan lapisan perkerasan yang dipengaruhi oleh gradasi, ukuran, kekerasan dan ketahanan,

1. Silvia Sukirman, 1992, Bandung

2. Krebs Robert D. and Walker Richard D., 1971, Mc Graw Hill Book Company, USA.

bentuk butiran serta tekstur permukaan.

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) dan campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.¹

2.3 Filler

Filler adalah bahan berbutir halus, lolos saringan no. 200 (0,074 mm) yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada campuran aspal beton. Filler bisa berupa kapur, debu batu, debu dolomit atau bahan lain dimana dipersyaratkan kadar air maksimum 1%.

Penggunaan filler dalam campuran aspal beton akan mengakibatkan dampak antara lain:

1. Dampak penggunaan filler terhadap karakteristik campuran dimana:
 - a. Luas permukaan filler semakin besar akan menaikkan viskositas campuran dibandingkan dengan filler yang berluas permukaan kecil.
 - b. Adanya daya affinitas menyebabkan jumlah aspal yang diserap oleh filler cukup bervariasi. Pada keadaan dimana viskositas naik, jumlah aspal yang diserap semakin besar.
 - c. Jenis dan kadar filler akan memberikan pengaruh yang berbeda pada temperatur dan pemanasan.

1. Silvia Sukirman, 1992, Bandung

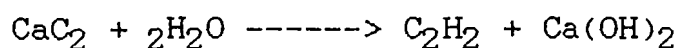
2. Dampak pemakaian filler terhadap karakteristik campuran aspal beton akan berpengaruh pada pencampuran, penghampan dan pemadatan. Disamping itu kadar dan jenis filler akan berpengaruh terhadap sifat elastik campuran dan sensitifitasnya terhadap air.

Pada penelitian ini bahan yang digunakan sebagai filler adalah *limbah karbid*.

Kapur karbid adalah sisa proses pembuatan gas acetylene berupa kapur kalsium tinggi. Seperti halnya kapur padam, kapur karbid adalah bahan ikat hidrolis yang relatif murah dan berat volumenya lebih kecil dibandingkan dengan semen portland, tetapi kualitasnya tidak setinggi semen portland. Rumus kimia kapur karbid adalah sama dengan rumus kimia kapur padam yang berupa jenangan (slurry) maupun yang berupa kawur (powder) dengan rumus kimia yaitu Ca(OH)_2 (Dep. Perindustrian SII 0024, 1973).

Kapur karbid sisa proses gas acetylene diproses sebagai berikut:

Batu karbid (calcium carbide = CaC_2) dipadamkan dengan air (H_2O) akan menghasilkan gas acetylene (C_2H_2) dan sisa proses yang berupa kapur karbid (Ca(OH)_2). Reaksi kimianya:



(Compressed Gas Assosiation, 1970)

Jadi rumus kimianya sama dengan kapur padam yaitu Ca(OH)_2 . Hasil analisa kimia dari contoh kering (105°C) dalam %berat dapat dilihat dalam tabel 2.1.¹

1. Sarwidi dan Ibnu Sudarwadi, 1989, UII, Yogyakarta

Tabel 2.1 Hasil Analisa Kimia Kapur Karbid

Rumus Kimia	%Berat
Silika (SiO_2)	2,35
Besi Oksida (Fe_2O_3)	0,19
Aluminium Oksida (Al_2O_3)	0,56
Calcium Oksida (CaO)	54,08
Magnesium Oksida (MgO)	0,35
Sulfat (SO_3)	0,21
Kalium Oksida (K_2O)	0,10
Natrium Oksida (Na_2O)	0,50
Hilang pijar termasuk CO_2 (HP)	42,80
Kadar CaCO_3	± 97

Sumber: *Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Bandung*

2.4 Bahan tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan pada campuran aspal beton yang berfungsi menstabilisasi aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak) dan tidak dikategorikan sebagai bahan substitusi agregat. Bahan tambah yang digunakan adalah serat selulosa, dengan alasan teknis dan ekonomis yang mengacu kepada kelestarian lingkungan. Serat selulosa juga dikenal sebagai teknologi yang toleran terhadap deviasi pelaksanaan, memberikan skid resistance yang baik dan menaikkan titik leleh aspal, sehingga memberikan umur teknis yang lebih panjang.

Serat selulosa diperoleh dari tumbuh-tumbuhan yang bisa menghasilkan *protein* dan *asam amino*. Untuk memperoleh asam amino pada tumbuhan digunakan cara ekstraksi. Dari hasil ekstraksi yang berupa larutan protein dan asam amino kemudian disuling (destilasi) untuk mendapatkan protein dan asam amino murni. Setelah diendapkan, diekstraksi dalam keadaan basa kedalam larutan *coagulating* (penggum-

pal) untuk dijadikan serat selulosa.

Mekanisme stabilisasi serat selulosa terjadi melalui dua proses yaitu:

1. Terabsorpsinya aspal ke dalam pori-pori serat selulosa. Proses ini akan menyebabkan sifat-sifat aspal terlindung oleh serat selulosa dari proses oksidasi sinar ultra violet.
2. Terjadinya ikatan lemah antara komponen-komponen karboksilat dari aspal dengan gugus hidroksil dari selulosa. Adanya ikatan akan memperlambat terjadinya penguapan serta teroksidasinya komponen-komponen tersebut yang akan membantu proses oksidasi dan polimerisasi sehingga mampu menunda proses aging pada aspal.¹

2.5 Split Mastik Aspal (SMA)

Split Mastik Aspal adalah jenis aspal beton campuran panas gradasi timpang yang terdiri dari campuran:

1. *Split*

Agregat kasar berukuran > 2 mm dengan jumlah fraksi tinggi (75% dari berat campuran).

2. *Mastik Aspal*

Campuran agregat halus, filler dan aspal dengan kadar relatif tinggi.

3. *Bahan tambah*

Berfungsi untuk menstabilisasi aspal.

Split Mastik Aspal bersifat tahan oksidasi, tahan

1. Liswanto dan Muhammad As'ad, 1993, Jakarta

Ukuran maksimum agregat 8 mm dengan ketebalan pengaspalan antara 2 cm - 4 cm. Dipakai untuk pelapisan ulang (*overlay*) pada jalan lama.

3. SMA 0/5

Ukuran maksimum agregat 5 mm dengan ketebalan pengaspalan antara 1,5 cm - 3 cm. Dipakai sebagai lapis permukaan tipis untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan.

Di Indonesia telah diterapkan SMA 0/11 dan SMA 0/8 dengan spesifikasi teknisnya mengacu pada ZTV bit-Stb 84.

Spesifikasi Split Mastik Aspal sesuai dengan spesifikasi ZTV bit-Stb 84 seperti tertera dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi ZTV bit-Stb 84

SPLITMASTIXASPHALT		0/11	0/8	0/5
1. Agregat				
< 0,09 mm	mass %	8 to 13	8 to 13	8 to 13
> 2 mm	mass %	70 to 80	70 to 80	60 to 70
> 5 mm	mass %	50 to 70	45 to 70	-
> 8 mm	mass %	≥ 25	≤ 10	-
>11 mm	mass %	≤ 10	-	-
2. Bitumen Penetrasi aspal Kadar		65 %	65/80 6 to 7,5	80 6 to 7,5
3. Stabilisasi Additive		0,3 to 1,5		
4. Campuran Rongga (Contoh Marshall)%		2,0 to 4,0		
5. Lapisan Perkerasan				
Tebal lapisan	cm	2,5 to 5	2 to 4	1,5 to 3
Tingkat kepadatan	%	≥ 97	≥ 97	≥ 97
Rongga dalam campuran	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6

Sumber: Pusat Penelitian dan Pembangunan Jalan, Jakarta

Menurut Irman Nurdin (Puslitbang), kriteria disain

deformasi pada suhu tinggi (60°C), cukup fleksibel, bernilai struktural dan aman untuk lalu-lintas. Split Mastik Aspal cocok untuk digunakan sebagai wearing course pada pembangunan jalan baru, rehabilitasi jalan dan pemeliharaan jalan dengan ruang lingkup aplikasi pada jalan tol, propinsi, kota. Pelaksanaan Split Mastik Aspal di lapangan pada prinsipnya sama dengan beton aspal campuran panas lainnya.

Ciri khas Split Mastic Asphalt sebagai berikut:¹

1. Prosentase fraksi kasar / CA yang tinggi (70% - 80%) dan memiliki kualitas baik dengan gradasi terbuka.
2. Kadar aspal dan kekentalan tinggi sehingga tebal film aspal cukup tebal.
3. Memerlukan filler yang cukup banyak.
4. Memerlukan bahan tambah untuk stabilisasi bitumen.

2.5.1 Klasifikasi campuran Split Mastik Aspal

Menurut Irman Nurdin (Puslitbang), klasifikasi campuran Split Mastik Aspal dengan mengacu pada Spesifikasi ZTV bit-Stb 84 digolongkan ke dalam 3 jenis berdasarkan ukuran maksimum agregatnya yaitu:²

1. SMA 0/11

Ukuran maksimum agregat 11 mm dengan ketebalan pengaspalan antara 2,5 cm - 5 cm. Dipakai untuk wearing course pada jalan baru.

2. SMA 0/8

1. Anonim, **CUSTOM FIBERS CF-31500**, 1992, Jakarta

2. Irman Nurdin, Puslitbang Jalan, Jakarta

Marshall yang umum digunakan saat ini ada 2 (dua) cara yaitu cara Bina Marga No. 13/PT/B/1983 dan cara SKBI-87 seperti tertera dalam tabel 2.3 di bawah ini. Sebagai pembanding dalam tabel yang sama dicantumkan cara Asphalt Institute-1984.

Tabel 2.3 Kriteria Disain Marshall

No.	Parameter Marshall	Bina Marga 1983	SKBI 1987	Asphalt Institute 1984
1	Pemadatan. tumbukan	2 x 75	2 x 75	2 x 75
2	Stabilitas (min). kg	750	550	680
3	Flow. mm	2 - 4	2 - 4	2 - 4
4	MQ. kg/mm	-	200 - 350	-
5	Rongga dlm campuran.%	3 - 5	3 - 5	3 - 5
6	Rongga terisi aspal.%	76 - 82	-	76 - 82
7	Index Perendaman. %	-	75	-

Sumber: Pusat Penelitian dan Pembangunan Jalan, Jakarta

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Konstruksi Perkerasan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar setelah dipadatkan yang berfungsi memikul beban lalu-lintas secara aman dan nyaman. Selanjutnya beban tersebut diteruskan ke lapisan dibawahnya agar tanah mendapat tekanan tidak melampaui daya dukung tanahnya.

Pada umumnya perkerasan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan makin keatas makin baik. Perkerasan dibagi berdasarkan bahan pengikatnya yaitu:

1. Perkerasan lentur (Flexible pavement)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas ke tanah dasar.

2. Perkerasan kaku (Rigid pavement)

Perkerasan yang menggunakan portland cement sebagai bahan ikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu-lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

3. Perkerasan komposit (Composite pavement)

Kombinasi antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

3.1.1 Jenis dan fungsi perkerasan lentur

Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur tersusun atas 3 jenis yaitu *lapis pondasi bawah (sub base course)*, *lapis pondasi atas (base course)* dan *lapis permukaan (surface course)*. Sebelum melapis permukaan, biasanya terdapat lapis pengikat (*binder course*).

Fungsi tiap lapisan adalah sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*Surface course*).
 - a. Mendukung langsung beban lalu-lintas dan meneruskan ke lapisan dibawahnya.
 - b. Menahan gaya geser dari beban roda.
 - c. Sebagai lapis aus akibat gaya gesek dan cuaca.
 - d. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapis dibawahnya.
2. Lapis pondasi atas (*Base course*)
 - a. Sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan dan ikut menahan gaya geser.
 - b. Sebagai lapis peresapan untuk lapis pondasi di bawahnya.
3. Lapis pondasi bawah (*Sub base course*)
 - a. Menyebarkan beban roda.
 - b. Sebagai lapis peresapan.
 - c. Mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi (akibat tekanan roda dari atas).

Tujuan umum rencana perkerasan dengan bahan ikat aspal adalah menetapkan suatu penggabungan gradasi agregat dan aspal bitumen yang akan menghasilkan campuran dengan beberapa sifat yaitu:

- a. Bitumen yang cukup untuk menjamin keawetan pada perkerasan.
- b. Fleksibilitas yang memadai sehingga memenuhi kebutuhan lalu-lintas.
- c. Rongga yang memadai dalam total campuran padat sehingga masih memungkinkan adanya sedikit tambahan pemadatan akibat beban lalu-lintas tanpa terjadi bleeding dan hilangnya stabilitas, namun cukup rendah untuk mencegah masuknya udara dan kelembaban yang berbahaya.
- d. Cukup mudah dikerjakan untuk dapat melaksanakan penghampanan campuran secara efisien tanpa mengalami segregasi.

3.2 Syarat-syarat struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, harus memenuhi persyaratan:

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu-lintas ke tanah dasar.
2. Kedap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.¹

1. Silvia Sukirman, 1992, Bandung

3.3 Split Mastik Aspal + Serat Selulosa

3.3.1 Pengertian Umum

Split Mastik Aspal adalah campuran aspal dengan batuan dengan proporsi tertentu yang dicampur secara panas, dimana dalam campuran tersebut ditambahkan bahan tambah (*additive*) serat selulosa dan gradasi yang digunakan merupakan gradasi timpang.

Di Jerman Split Mastik Aspal dengan bahan tambah serat selulosa telah dibakukan di dalam petunjuk pelaksanaan pengaspalan dengan spesifikasi ZTV bit-Stb 84.

Spesifikasi ZTV bit-Stb 84 menggolongkan 3 jenis SMA berdasarkan ukuran maksimum agregat yaitu:¹

1. SMA 0/11, dengan ukuran maksimum agregat 11 mm untuk ketebalan pengaspalan antara 2,5 cm - 5 cm. Biasanya dipakai untuk wearing course jalan baru.
2. SMA 0/8, dengan ukuran maksimum agregat 8 mm untuk ketebalan pengaspalan antara 2 cm - 4 cm. Dipakai untuk pelapisan ulang (*overlay*) pada jalan lama.
3. SMA 0/5, dengan ukuran maksimum agregat 5 mm untuk ketebalan pengaspalan 1,5 cm - 3 cm. Biasanya dipakai sebagai lapis permukaan tipis untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan.

Di Indonesia telah diterapkan SMA 0/11 dan SMA 0/8 dengan spesifikasi teknisnya mengacu pada ZTV bit-Stb 84.

Spesifikasi Split Mastik Aspal sesuai dengan spesifikasi ZTV bit-Stb 84 seperti tertera dalam tabel 3.1.

1. Iraan Murdin, Puslitbang Jalan, Jakarta

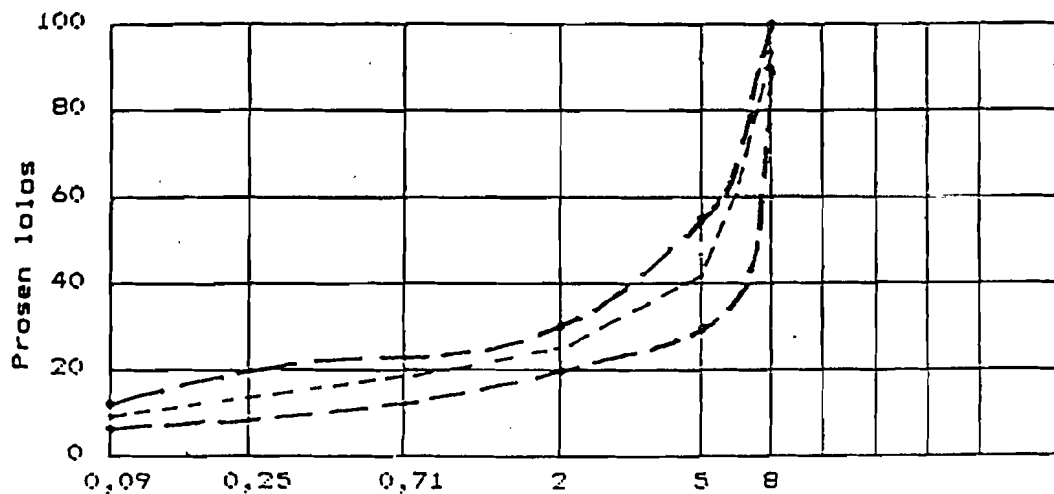
Tabel 3.1 Spesifikasi ZTV bit-Stb 84

SPLITTMASTIXASPHALT		0/11	0/8	0/5
1. Agregat				
< 0,09 mm	mass %	8 to 13	8 to 13	8 to 13
> 2 mm	mass %	70 to 80	70 to 80	60 to 70
> 5 mm	mass %	50 to 70	45 to 70	-
> 8 mm	mass %	≥ 25	≤ 10	-
>11 mm	mass %	≤ 10	-	-
2. Bitumen				
Penetrasi aspal		65	65/80	80
Kadar	%	6 to 7,5	6 to 7,5	6 to 7,5
3. Stabilisasi				
Additive	%	0,3 to 1,5		
4. Campuran				
Rongga (Contoh Marshall)%		2,0 to 4,0		
5. Lapisan Perkerasan				
Tebal lapisan	cm	2,5 to 5	2 to 4	1,5 to 3
Tingkat kepadatan	%	≥ 97	≥ 97	≥ 97
Rongga dalam campuran	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6

Sumber: *Pusat Penelitian dan Pembangunan Jalan, Jakarta*

Gradasi agregat SMA 0/8 berdasarkan prosentase lolos saringan seperti tertera dalam grafik 3.1 di bawah ini.

Grafik 3.1 Gradasi agregat SMA 0/8



Gambar 1. Gradasi SMA 0/8

Tabel 3.2 Kriteria Disain Marshall

No.	Parameter Marshall	Bina Marga 1983	SKBI 1987	Asphalt Institute 1984
1	Pemadatan, tumbukan	2 x 75	2 x 75	2 x 75
2	Stabilitas (min), kg	750	550	680
3	Flow, mm	2 - 4	2 - 4	2 - 4
4	MQ, kg/mm	-	200 - 350	-
5	Rongga dlm campuran, %	3 - 5	3 - 5	3 - 5
6	Rongga terisi aspal, %	76 - 82	-	76 - 82
7	Index Perendaman, %	-	75	-
8	Tebal film aspal, μ	> 10		
9	Stabilitas Dinamis	1500 lintasan/mm		
10	Titik lembek, %	> 60		
11	Nilai Kekesatan	> 0,6		

Sumber: Pusat Penelitian dan Pembangunan Jalan, Jakarta

3.3.2 Bahan pendukung

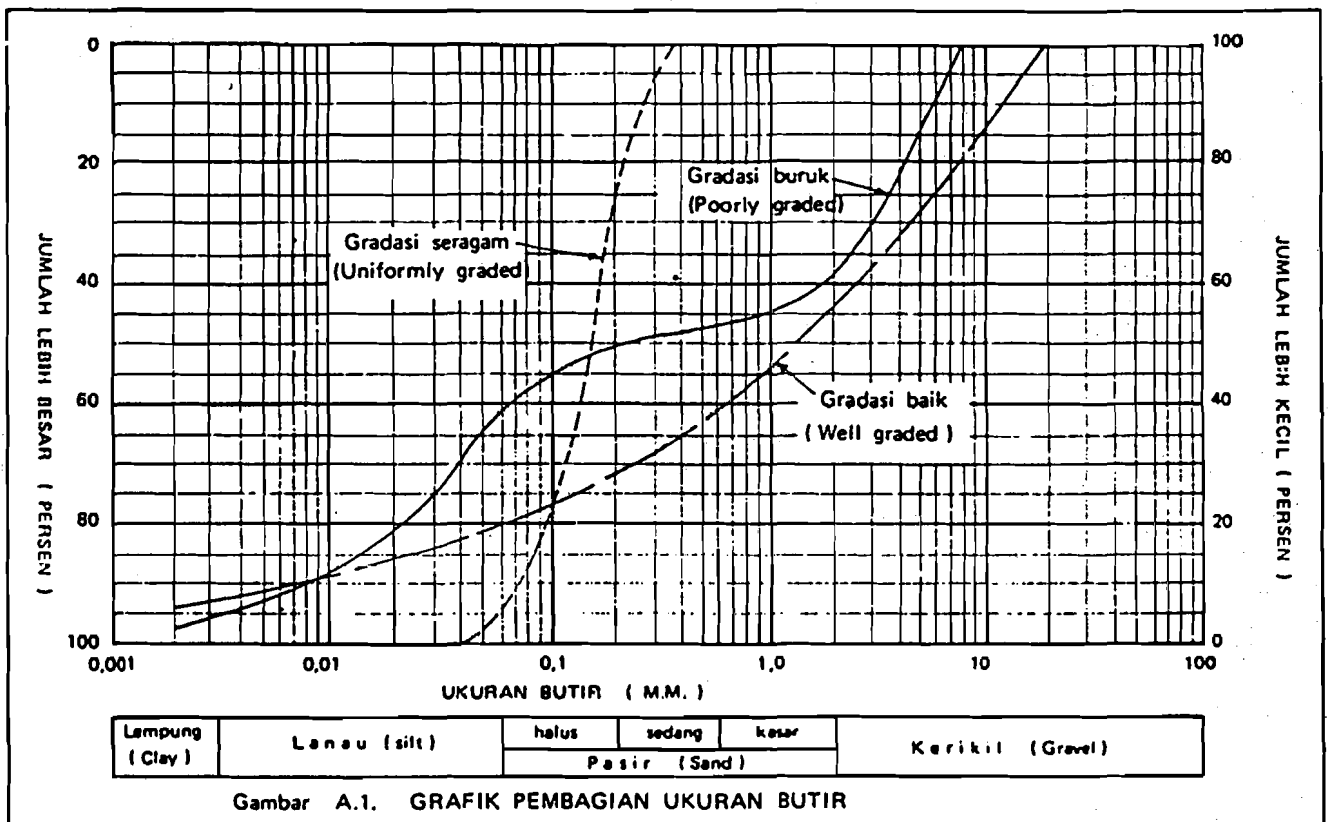
1. Agregat

Pada umumnya gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. **Gradasi seragam (Uniform graded)**, adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama 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). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air dan berat volume besar.

3. **Gradasi buruk (Poorly graded).** Merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapis perkerasan yaitu gradasi senjang (campuran agregat dengan 1 fraksi lebih sedikit). Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

Grafik 3.2 Pembagian Ukuran Butiran



2. Aspal

Jenis aspal yang digunakan adalah aspal keras (AC) yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas.

Di Indonesia, pada umumnya dipergunakan aspal semen dengan penetrasi 60-70 dan 80-100 dimana aspal semen

dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu-lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu-lintas dengan volume rendah.

Aspal yang dipergunakan adalah AC 60-70 sesuai ketentuan SNI No. 1737.1989-F. Sifat aspal yang dominan pengaruhnya terhadap perilaku lapis keras jalan adalah *thermo-plastis* dan *durability*.

Sifat termoplastis adalah sifat dimana viskositas aspal akan berubah sebanding dengan perubahan temperatur.

Sifat durability didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan akibat beban lalu-lintas.

Aspal AC 60-70 dengan persyaratan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil pemeriksaan aspal AC 60 - 70

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min.	Maks.	
1	Penetrasi (25°C,5 detik)	PA. 0301-76	60	70	0.1 mm
2	Titik lembek (Ring & Ball)	PA. 0302-76	48	58	°C
3	Titik Nyala	PA. 0303-76	200	—	°C
4	Kehilangan Berat (163°C,5 jam)	PA. 0304-76	—	0.8	%
5	Kelarutan CCL ₄	PA. 0305-76	99	—	%
6	Daktilitas (25°C,5cm/menit)	PA. 0306-76	100	—	cm
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	PA. 0301-76	54	—	%awal
8	Ductility setelah kehilangan berat	PA. 0306-76	50	—	cm
9	Berat Jenis	PA. 0307-76	1	—	gr/cc

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan, Dit.Jen. Bina Marga Dep. PU, Prop. Jawa Tengah*

3. Filler

Dalam hal gradasi campuran aspal beton kurang agregat lolos saringan no. 200 (0,074 mm), maka perlu diberi tambahan yang disebut filler. Filler dapat berupa: debu batu, kapur, debu dolomit, atau semen.

Pada penelitian ini dipergunakan limbah karbid dimana dipersyaratkan kadar air maksimum 1%. Gradasi material filler dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gradasi Material Filler (SNI No 1737/F jo. SKBI 2.426.1987)

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

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan, Propinsi Jawa Tengah Dit.Jend Bina Marga, Dep. PU.*

4. Bahan tambah

Bahan tambah (*additive*) dalam campuran SMA adalah serat selulosa (*celullose fibre*) dengan kadar berkisar antara 0,20% - 0,30% terhadap total campuran.

Persyaratan dari Bina Marga yang harus dipenuhi agar dapat dipakai sebagai bahan tambah pada SMA campuran panas, antara lain:

- a. Mudah terdistribusi secara merata dalam campuran panas pada temperatur 100°C - 170°C.
- b. Dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari aspal campuran panas.

- c. Tahan terhadap temperatur aspal campuran panas sampai dengan suhu 250°C minimal selama waktu pencampuran.
- d. Dengan kadar serat selulosa 0,3% terhadap berat campuran dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap temperatur dan titik lembek aspal.

Serat selulosa yang dipakai pada penelitian ini adalah jenis CF-31500 (Custom Fibers-31500). Dengan hasil pengujian lengkap:

Tabel 3.5 Hasil pengujian Serat Selulosa CF-31500

No	Macam Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan
1	Warna	-	Abu-abu	-
2	ph	-	3,5	3,5 ± 1
3	Kadar air	%	4,0	< 6,0
4	Kadar organik	%	85,0	> 75,0
5	Brt. isi gembur	gram/l	30,0	> 25,0
6	Panjang serat	mikron	< 5000	maks 5000
7	Ketahanan akan asam dan alkali	-	baik	baik
8	Ketahanan suhu hingga 200°C	-	baik	baik
9	Distribusi dalam campuran ke ring suhu pada 170°C	-	merata	merata
10	Hasil ekstraksi	%	100,00	100,00
11	Titik lembek aspal pen 60/70 + serat selulosa 97% aspal + 3% SS	°C	57,8	≥ 55,0

Sumber: *Data Primer Departemen Pekerjaan Umum Litbang PU, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan.*

3.4 Karakteristik campuran Split Mastik Aspal

Perkerasan jalan haruslah memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapatkan lapis perkerasan yang kuat, awet dan nyaman untuk melayani lalu-lintas. Karakteristik lapis perkerasan tidak bisa lepas dari pemahaman yang baik

akan sifat dari bahan penyusunnya. Khususnya perilaku aspal dalam campuran Split Mastik Aspal.

Karakteristik campuran Split Mastik Aspal dengan bahan tambah serat selulosa antara lain:

3.4.1 Ketahanan (Stabilitas)

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, bleeding.

Stabilitas campuran aspal terjadi dari hasil gesekan dan saling kunci antar butir agregat serta daya ikat yang baik dari bitumen. Stabilitas bukanlah satu-satunya faktor dominan dalam menentukan sifat campuran aspal yang baik, tetapi juga harus memperhatikan sifat-sifat lain seperti rongga campuran, kelelahan, berat isi campuran. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan menjadi kaku dan getas sehingga akan mengalami keretakan yang cepat ketika menerima beban berat. Stabilitas yang tidak memadai dalam campuran disebabkan antara lain:

1. Kelebihan bitumen dalam campuran membuat terlalu tebalnya penyelimutan bitumen terhadap butiran agregat sehingga mengakibatkan hilangnya gaya gesek antar partikel. Hal ini menyebabkan terjadinya bleeding dan alur pada konstruksi perkerasan di lapangan.
2. Tekstur permukaan agregat yang halus akan menyebabkan rendahnya tingkat gesekan antar partikel agregat sehingga stabilitasnya akan rendah.
3. Daya serap terhadap aspal yang kecil akan menyebabkan tipisnya lapisan selimut aspal sehingga ikatannya mudah

lepas dan menyebabkan stabilitasnya akan berkurang.

3.4.2 Keawetan (Durabilitas)

Keawetan adalah kemampuan untuk mencegah terjadinya perubahan pada bitumen (oksidasi dan polimerisasi), keahanan agregat dan mengelupasnya selaput aspal pada agregat. Faktor tersebut diakibatkan oleh pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan daripada roda kendaraan.

Durabilitas perkerasan yang kurang memadai mempunyai beberapa sebab antara lain:

1. Prosen rongga udara yang tinggi/kurangnya pemadatan akan menyebabkan mudah mengerasnya bitumen yang diikuti dengan timbulnya retak dan mudahnya penyusupan air dan udara ke dalam bahan perkerasan.
2. Kadar bitumen yang rendah dapat memudahkan proses melepasnya bitumen dari butiran agregat dalam suatu campuran perkerasan (stripping). Stripping adalah proses terkelupasnya bitumen dari permukaan agregat oleh air yang selanjutnya akan mengakibatkan keruntuhan pada campuran perkerasan. Stripping berkaitan dengan sifat durabilitas campuran yang tergantung dari kekuatan ikatan adhesi antara agregat dan bitumen. Oleh karena itu proses pelekatan dan penyelimutan bitumen terhadap permukaan agregat sangat penting dimana hal ini dipengaruhi oleh karakteristik bitumen itu sendiri dan juga tekstur permukaan agregat yang digunakan.

3.4.3 Kelenturan (Fleksibilitas)

Kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kemampuan

lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu-lintas yang berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume yang berarti. Campuran dengan gradasi senjang dan kadar bitumen yang cukup tinggi menunjukkan kelenturan yang besar dibanding gradasi rapat. Kelenturan juga dipengaruhi oleh jenis bitumen yang digunakan. Bitumen dengan penetrasi tinggi akan menghasilkan kelenturan yang tinggi, demikian pula sebaliknya.

3.4.4 Kekesatan (Skid Resistance)

Tahanan terhadap gesekan adalah kekesatan yang ditimbulkan oleh perkerasan sehingga roda kendaraan tidak mengalami selip baik diwaktu basah ataupun kering.

Permukaan kasar yang tidak rata pada perkerasan mempunyai tahanan gesekan lebih besar dibanding dengan permukaan halus. Disamping mempunyai permukaan yang kasar, agregat harus dapat bertahan terhadap gesekan roda kendaraan. Adanya bleeding pada permukaan perkerasan akan menyebabkan kecilnya nilai tahanan gesek karena permukaan perkerasan akan menjadi licin.

3.4.5 Tahanan Kelelahan (Fatigue Resistance)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan dari lapis campuran dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berakibat retak.

Rongga udara yang tinggi dengan kadar bitumen yang rendah akan mempercepat terjadinya proses kelelahan, karena memudahkan proses penuaan (aging) dan pengerasan bitumen yang akan diikuti dengan kelelahan yang berakibat retak. Ketebalan lapisan juga mempengaruhi ketahanan

kelelahan. Dengan demikian dukungan yang besar terhadap perkerasan akan mengurangi lendutan yang akan terjadi.

3.4.6 Kemudahan Pelaksanaan (Workability)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk diproduksi, dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh kekuatan campuran yang diharapkan.

3.4.7 Impermeabilitas

Impermeabilitas adalah ketahanan terhadap masuknya air dan udara ke dalam perkerasan. Karakteristik ini berhubungan dengan % rongga udara dan campuran yang sudah dipadatkan. Besar dan sifat kontinuitas dari rongga udara sangat menentukan tingkat impermeabilitas. Pemadatan yang kurang akan menyebabkan tingginya rongga udara dalam perkerasan sehingga akan menyebabkan terjadinya oksidasi yang pada akhirnya akan mengurangi stabilitas perkerasan.

3.5 Modulus Kekakuan

3.5.1 Kekakuan Bitumen (Bitumen Stiffness)

Kekakuan bitumen adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada bitumen yang besarnya tergantung kepada temperatur dan lama pembebanan yang diterapkan. Nilai kekakuan bitumen dapat ditentukan dengan nomogram Van der Poel, yang penggunaannya memerlukan data:

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

4. Penetration Index (PIr).

Untuk menghitung nilai kekakuan bitumen digunakan nomogram Van der Poel (lihat grafik 3.2)

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

$$t = \frac{l}{v} \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan:

v = Kecepatan kendaraan (km/jam)

l = Panjang jejak roda kendaraan (meter)

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

$$Pr = \frac{1951,4 - 500 \cdot \log Pr - 20 \cdot SPr}{50 \cdot \log Pr - SPr - 120,14} \dots \dots \dots (3.2)$$

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

$$Pr = 0,65 Pi \dots \dots \dots (3.3)$$

$$SPr = 98,4 - 26,35 \log Pr \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan:

Pi = Penetrasi bitumen dalam kondisi asli (0,01 mm)

P_r = Penetrasi bitumen dalam kondisi dihamparkan
(0,1 mm).

S_{Pr} = Temperatur titik lembek dari bitumen dalam
kondisi dihamparkan ($^{\circ}\text{C}$).

Karena kebanyakan hitungan perencanaan berdasarkan kepada karakteristik bitumen terhadap penetrasi awalnya, maka substitusi dari persamaan 3.3 dan 2.4 ke dalam 2.2 memberikan persamaan untuk penetrasi index dalam kondisi dihamparkan sebagai berikut:

$$P_{Ir} = \frac{27 \cdot \log P_i - 21,65}{76,35 \cdot \log P_i - 232,82} \dots \dots \dots (3.5)$$

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

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-P_{Ir}} \times (S_{Pr} - T)^5 \dots (3.6)$$

dengan:

S_b = Stiffness bitumen (MPa)

t = Waktu pembebanan (detik)

P_i = Penetration Index

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

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

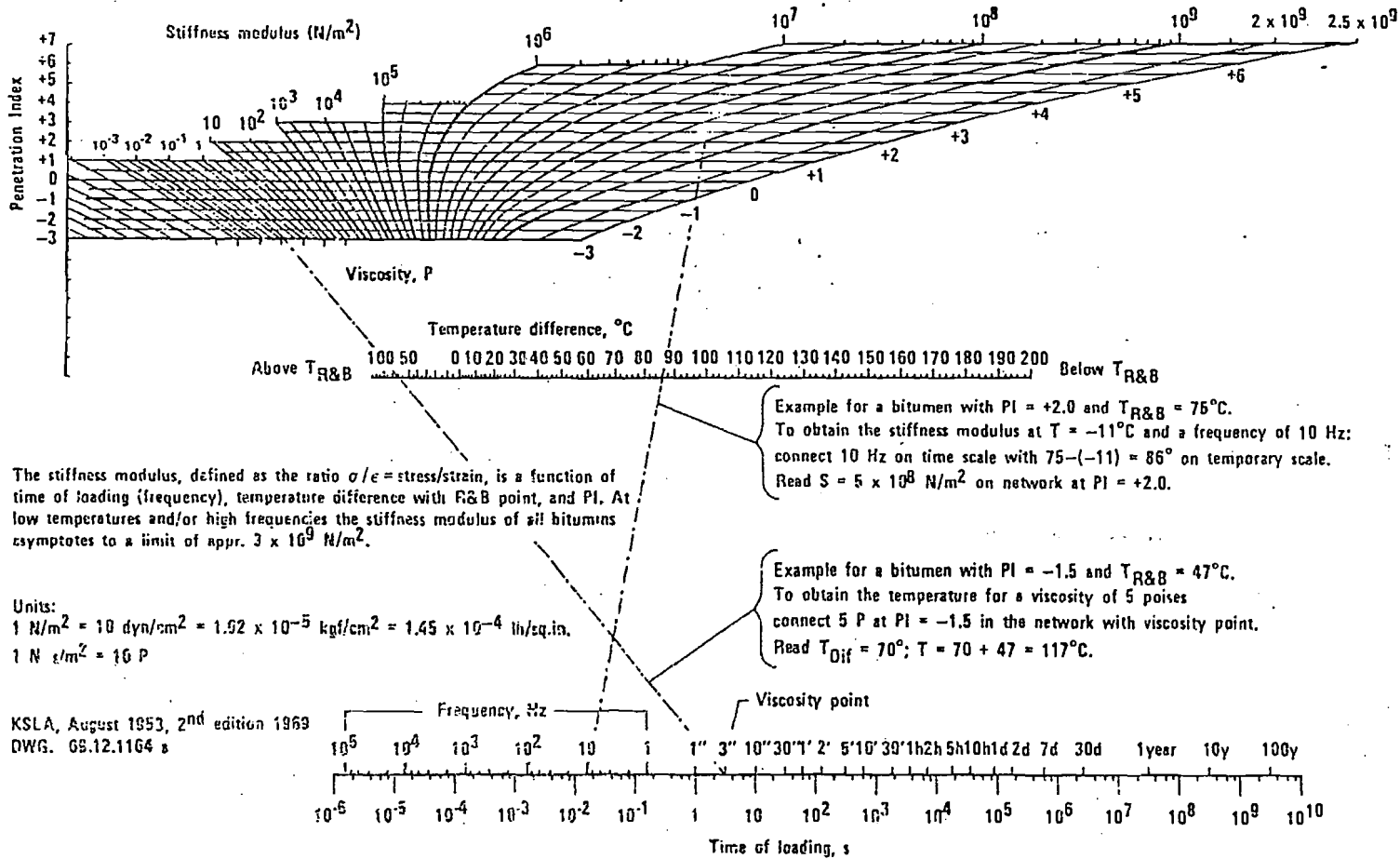
Persamaan di atas dapat dipergunakan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

$$0,01 < P_{Ir} < 1$$

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

Grafik 3.2 Nomogram Modulus Kekakuan bitumen (S bit). 1



The stiffness modulus, defined as the ratio $\sigma/\epsilon = \text{stress/strain}$, is a function of time of loading (frequency), temperature difference with R&B point, and PI. At low temperatures and/or high frequencies the stiffness modulus of all bitumens asymptotes to a limit of approx. $3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Units:
 $1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dyn/cm}^2 = 1.92 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ lb/sq.in.}$
 $1 \text{ N s/m}^2 = 10 \text{ P}$

KSLA, August 1953, 2nd edition 1969
 DWG. 68.12.1164 s

Figure B.15. KSLA nomograph for S_b (bitumen stiffness). (From Shell Oil Co.)

3.5.2. Kekakuan Campuran (Mixture Stiffness)

Kekakuan campuran adalah perbandingan antara tegangan dan regangan pada campuran bitumen yang besarnya tergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Metode yang diterapkan untuk menentukan *Mix Stiffness* (S_{mix}) yaitu:

1. Metode Shell.

Untuk mencari modulus kekakuan campuran digunakan nomogram Shell. Pada metode tersebut diperlukan data sebagai berikut:

- Modulus kekakuan bitumen (N/m^2) dimana nilai modulus kekakuan bitumen ini diperoleh dari perhitungan atau dengan nomogram Shell.
- Volume bahan pengikat (%).
- Volume bahan mineral agregat. Prosentase volume bahan pengikat dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_v = \frac{(100 - V_v) \times (M_b/G_b)}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} \dots \dots \dots (3.7)$$

Kadar pori dalam campuran padat dihitung dengan:

$$V_v = \frac{(\sigma_{max} - \sigma_m)100}{\sigma_{max}} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\sigma_{max} = \frac{100 \times \sigma_w}{(M_b/G_b) + (M_a/G_a)} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$VMA = V_b + V_v \dots \dots \dots (3.10)$$

$$V_v + V_b + V_g = 100\% \dots \dots \dots (3.11)$$

dengan:

M_a = Perbandingan berat agregat dengan total berat campuran (%).

M_b = Perbandingan berat bahan ikat bitumen dengan total berat campuran (%).

G_a = Berat jenis bahan campuran agregat.

G_b = Berat jenis bahan ikat campuran

ρ_m = Berat volume campuran padat (kg/m^3).

V_g = Prosentase volume agregat.

V_b = Prosentase volume bitumen.

V_v = Prosentase volume pori.

2. Metode Heukelom dan Klomp (1964). Disini diberikan formula kekakuan campuran

$$S_{\text{mix}} = S_{\text{bit}} \left| 1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{C_v}{1 - C_v} \right|^n \dots\dots\dots (3.12)$$

dengan:

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

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

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

C_v = Konsentrasi volume agregat.

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

$$C_v' = \frac{C_v}{1 + 0,01(V_v - 3)} \dots\dots\dots (3.12)$$

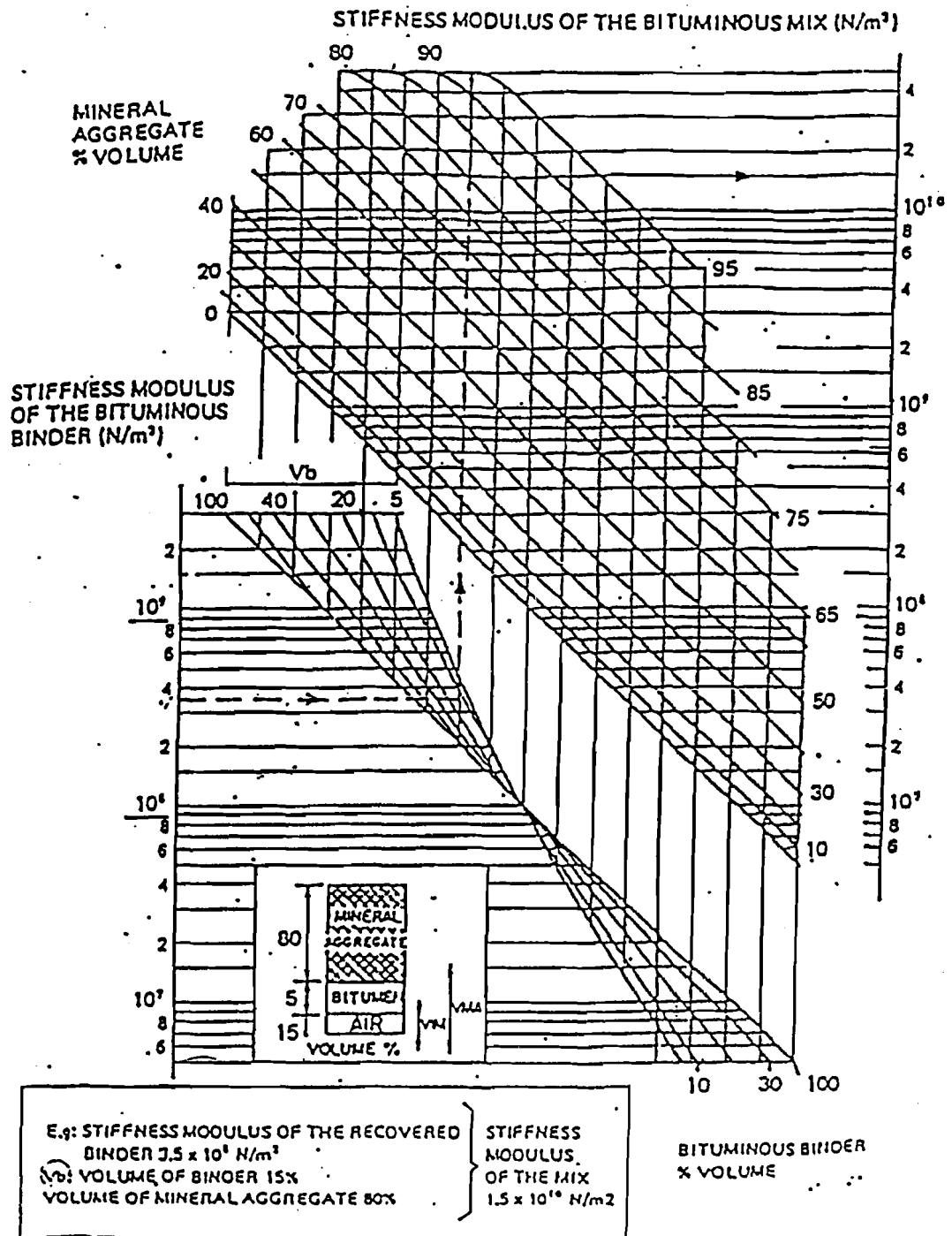
$$\text{Syarat: } C_b > 2/3 (1 - C_v')$$

dengan:

C_v' = Modifikasi volume rongga agregat.

V_v = Volume rongga udara dalam campuran.

C_b = Konsentrasi volume bitumen



Grafik 3.3 Nomogram Modulus Kekakuan campuran (S mix).¹

1. Brown SF and Stechen, 1990, THE SHELL BITUMEN HANDBOOK, Shell Bitumen.

BAB IV

HIPOTESIS

Split Mastik Aspal yang digunakan pada lapis permukaan jalan tersusun atas campuran agregat, aspal dan bahan tambah serat selulosa, dimana perilakunya dipengaruhi oleh kadar dan jenis aspal serta perubahan temperatur saat pemadatan.

Limbah karbid sebagai bagian dari agregat, mempunyai kemungkinan untuk dimanfaatkan sebagai filler pada Split Mastik Aspal.

Pada penelitian dihipotesiskan bahwa limbah karbid dapat digunakan sebagai filler pada campuran Split Mastik Aspal gradasi 0/8 dengan bahan tambah serat selulosa yang memenuhi persyaratan struktural sebagai lapis permukaan pada konstruksi perkerasan jalan.

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap mulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan yang berupa agregat, aspal dan serat selulosa, perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan alat uji Marshall.

5.1 Bahan

5.1.1 Asal Bahan

Agregat yang dipakai sebagai bahan dalam penelitian berasal Clereng, Kulon Progo yang diperoleh dari pemecah batu *Stone Crusher* milik P.T. Perwita Karya, Yogyakarta. Aspal yang digunakan adalah aspal AC 60-70 produksi Pertamina dan serat selulosa sebagai bahan tambah adalah *Custom Fibre CF-31500* diperoleh dari P.T. Saranaraya Reka Cipta, Jakarta. Sedangkan filler limbah karbid diperoleh dari P.T. Iga Murni Sejahtera, Yogyakarta.

5.1.2 Persyaratan dan Pengujian Bahan

Bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian harus diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan yang memenuhi spesifikasi. Adapun pengujian bahan sebagai berikut:

1. Pemeriksaan agregat

Untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:

- a. *Tingkat keausan*. Ketahanan agregat terhadap penghancuran (*degradasi*) diperiksa dengan percobaan Abrasi yang

menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB.0206-76. Nilai Abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat sehingga terjadi tumbukan dan geseran antara agregat dan bola baja. Nilai Abrasi > 40% menunjukkan agregat tidak mempunyai kelekatan yang cukup untuk dipakai sebagai bahan/material lapis perkerasan.

- b. *Berat jenis* adalah perbandingan antara agregat dengan volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal, sebab biasanya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan penentuan jumlah pori. Pemeriksaan berat jenis ditentukan berdasarkan PB-0205-76 dengan persyaratan minimum 2,5 gr/cc.
- c. *Peresapan agregat terhadap air*. Untuk mengetahui banyaknya air yang teresap oleh agregat. Besarnya peresapan agregat yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3%. Air yang telah terserap oleh agregat sukar untuk dihilangkan walaupun dengan proses pengeringan. Peresapan tersebut mempengaruhi daya lekat aspal terhadap agregat.
- d. *Daya lekat terhadap aspal*. Dilakukan sesuai dengan persyaratan PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dengan prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan dan nilainya minimal 95%.
- e. *Sand Equivalent Test*. Dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur atau bahan yang menyerupai lempung pada agregat

halus. Sand equivalent dilakukan untuk agregat yang lolos saringan no.4 sesuai persyaratan PB-0203-76. Adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dan aspal, sebab lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antar agregat dengan aspal berkurang. Nilai Sand equivalent test minimum 50%.

2. Pemeriksaan bitumen.

Aspal merupakan bahan alam yang harus memenuhi persyaratan antara lain:

- a. *Pemeriksaan penetrasi.* Pemeriksaan tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76, yaitu dengan memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Besarnya penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60 sampai 70.
- b. *Pemeriksaan titik lembek.* Pemeriksaan dikerjakan untuk mengetahui temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak karena tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun nilai penetrasinya sama. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai berkisar 30°C sampai 200°C. Pemeriksaan menggunakan cincin kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3,5 gram. Titik lembek ialah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dengan beban bola baja di atasnya, sehingga lapisan aspal tersebut jatuh pada ketinggian 25,4 mm/1 inchi dari plat dasar.

- c. *Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar.* Pemeriksaan ini menurut persyaratan PA-0303-76 untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan dan saat titik nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.
- d. *Pemeriksaan kehilangan berat.* Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat menunjukkan banyaknya bahan-bahan yang hilang sehingga menyebabkan aspal cepat mengeras dan rapuh. Pemeriksaan ini mengikuti persyaratan PA-0304-76.
- e. *Kelarutan dalam CCL₄ (Solubility Test).* Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kadar aspal bitumen yang larut dalam hidrokarbon tetraklorida. Jika semua aspal yang diuji larut dalam CCL₄, maka bitumen tersebut adalah murni sesuai dengan persyaratan PA-0305-76. Disyaratkan bitumen yang dipakai untuk perkerasan jalan mempunyai kemurnian > 99%.
- f. *Pemeriksaan daktilitas aspal.* Pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri, yaitu dengan mengatur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tertentu. Pemeriksaan sesuai persyaratan PA-0306-76. Besarnya daktilitas yang disyaratkan adalah minimal 100 cm.
- g. *Pemeriksaan berat jenis.* Perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pemeriksaan ini mengikuti persyaratan

PA-0307-76 (minimal 1 gr/cm^3). Berat jenis aspal digunakan pada perhitungan analisa campuran.

- h. *Pemeriksaan viskositas.* Bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal. Dilakukan pada temperatur 60°C dan 135°C . Suhu 60°C adalah temperatur maksimum perkerasan selama masa pelayanan, sedangkan 135°C adalah temperatur dimana proses pencampuran/ penyemprotan aspal. Prinsip kerja dari pemeriksaan ini ialah menentukan waktu yang dibutuhkan untuk suatu larutan dengan isi tertentu, mengalir dalam kapiler di dalam viskosimeter kapiler yang terbuat dari gelas pada temperatur tertentu. Viskositas kinematik adalah waktu di atas dikalikan dengan faktor kalibrasi viskosimeter. Pemeriksaan dilakukan mengikuti persyaratan PA-0308-76.

5.2 Perencanaan Campuran

5.2.1 Agregat SMA Grading 0/8

Agregat Split Mastik Aspal grading 0/8 terdiri dari 3 fraksi yaitu:

- a. Agregat 5 - 8 mm
- b. Agregat 2 - 5 mm
- c. Agregat 0 - 2 mm

Split Mastik Aspal grading 0/8 dikaitkan dengan kondisi iklim, jalan dan bahan jalan di Indonesia memakai cara Bina Marga dan SKBI-1987 dengan mengacu pada spesifikasi Jerman (ZTV bit-Stb-84). Untuk perencanaan campuran SMA 0/8 dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi Split Mastik Aspal grading 0/8

Ukuran saringan		Spesifikasi		Lolos saringan %
mm	inch	Min	Max	
11,2	7/16	100	100	100
8,0	5/16	90	100	95
5,0	No. 4	30	55	42,5
2,0	No. 10	20	30	25
0,71	No. 25	13	25	19
0,25	No. 60	10	20	15
0,09	No.170	8	13	10,5

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Penggantian Jembatan Ditjen. Bina Marga, PU, Jawa Tengah*

Kriteria Disain Marshall untuk spesifikasi SMA 0/8 seperti tertera dalam tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Kriteria Disain Marshall

PARAMETER	PERSYARATAN
1. Kriteria Disain Marshall	
Pemadatan, tumbukan	2 x 75
Stabilitas, kg	> 750
Flow, mm	2 - 4
MQ, kg/mm	200 - 300
Rongga campuran, % vol	3 - 5
Rongga terisi aspal, %	76 - 82
Index perendaman 48 jam, %	> 75
2. Tebal pengaspalan, cm	2 - 4
3. Derajat kepadatan, %	≥ 97

Sumber: *Bina Marga 1983 dan SKBI-1987*

5.2.2 Kadar Aspal Optimum

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

Pada penelitian ini, untuk campuran Split Mastik

Aspal + serat selulosa dengan variasi kadar aspal 5%, 6% 7% dan tiap benda uji dibuat dua sampel.

5.2.3 Kadar Serat Selulosa Optimum

Berdasarkan spesifikasi dari Bina Marga, kadar serat selulosa optimum adalah 0,2% - 0,3%. Untuk pencampuran di laboratorium dipakai kadar serat selulosa 0,3% terhadap total campuran.

5.3 Pelaksanaan Pengujian

5.3.1 Persiapan benda uji

Untuk persiapan benda uji melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Proses pembersihan agregat dari kotoran yang menempel lalu dikeringkan dengan oven sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Kemudian agregat-agregat tersebut dipisahkan dengan cara penyaringan kering ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan gradasi agregat 0/8 pada satu takaran campuran. Berat total campuran untuk satu benda uji sebesar 1200 gram, meliputi aspal, agregat halus dan filler.
3. Tahap campuran (mixing) dilakukan sebagai berikut:
 - a. Panci pencampuran dipanaskan beserta agregat sampai suhu 160°C .
 - b. Agregat kering diaduk dengan 0,3% selulosa pada suhu 150°C agar distribusi serat selulosa merata.
 - c. Tambahkan aspal AC60-70 yang telah dipanaskan (sudah mencapai tingkat kekentalan rencana) ke dalam campu-

ran agregat dengan ukuran yang telah sesuai dengan *mix design*.

- d. Campuran diaduk (wet mixing) selama 45-50 detik.
4. Tahap pemadatan campuran dilakukan sebagai berikut:
- a. Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk kemudian panaskan pada suhu $93,3^{\circ}\text{C}$ - $148,9^{\circ}\text{C}$.
 - b. Cetakan benda uji ditimbang dan diukur tinggi cetakan dan diameter cetakan.
 - c. Cetakan diletakkan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
 - d. Letakkan selebar kertas saring/penghisap menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan.
 - e. Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan pada suhu 140°C , kemudian tusuk-tusuk campuran tersebut 15 kali keliling pinggirnya dan 10 kali di bagian tengahnya dengan spatula.
 - f. Pemadatan dikerjakan dengan alat penumbuk untuk 5 kali yang pertama dan diukur ketinggian ruang yang kosong.
 - g. Diukur ketinggian ruang yang kosong akibat tumbukan, sebanyak 5 titik. Kemudian pelat alas dan leher sambung dipasang kembali untuk dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali tumbukan (dipergunakan untuk lalu lintas dengan muatan berat) dengan ketinggian jatuhnya $45,7$ cm dan pematat selalu tegak lurus cetakan selama pemadatan.
 - h. Pelat alas dan leher sambung dilepas kembali dari

cetakan benda uji, lalu cetakan yang berisi benda uji dibalikkan. Kemudian pelat alas dan leher sambung dipasang kembali ke cetakan benda uji yang telah dibalik.

- i. Pada permukaan benda uji yang telah dibalik, lalu dilakukan tumbukan sebanyak 75 kali. Setelah leher sambung dan pelat alas dilepas lalu dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali.
- j. Dengan hati-hati benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan di atas permukaan yang rata dan didiamkan selama ± 24 jam pada suhu ruang.
- k. Supaya benda uji lebih cepat dingin maka dipakai kipas angin.

5.3.2 Peralatan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII. Alat-alat yang digunakan antara lain:

1. Cetakan benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 10,15 cm, tinggi 8,75 cm lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
2. Alat penumbuk manual dengan:
 - a. Penumbuk yang memiliki permukaan rata yang berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,70 cm.
 - b. Landasan pemadat yang terdiri dari balok kayu dilapisi dengan pelat baja dan dipasang pada lantai baja di keempat bagian sudutnya.
 - c. Pemegang cetakan benda uji.

3. Ejector untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.
4. Alat uji Marshall lengkap dengan:
 - a. Kepala penekan (breaking head) yang berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji (proving ring) dengan kapasitas 2.500 kg dengan ketelitian 12,5 kg yang dilengkapi arloji dial tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
 - c. Arloji penunjuk kelelahan plastis (flow) dengan ketelitian 0,25 mm.
5. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, mampu memanasi sampai 200°C ($\pm 3^\circ\text{C}$).
6. Bak perendaman (water bath) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20°C sampai dengan 60°C.
7. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram
8. Pengukur suhu (thermometer) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 (1% dari kapasitas).
9. Perlengkapan lain:
 - a. Panci-panci untuk memanasi agregat, aspal dan campuran aspal.
 - b. Sendok pengaduk.
 - c. Spatula.
 - d. Kompor atau pemanas (hot plate).
 - e. Gas Elpiji.
 - f. Dan peralatan lainnya.

5.3.3 Cara Pengujian Benda Uji

1. Persiapan benda uji. Dalam persiapan benda uji, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel untuk selanjutnya dilakukan penimbangan.
 - b. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
 - c. Setiap benda uji diukur tingginya, dilakukan 3 kali pada tempat yang berbeda, kemudian dirata-rata dengan ketelitian 0,1 mm.
 - d. Benda uji direndam dalam air \pm 24 jam pada suhu ruang.
 - e. Benda uji ditimbang dalam kondisi di dalam air.
 - f. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering permukaan jenuh.

2. Cara Pengujian.

Pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) selama \pm 30 menit dan \pm 24 jam dengan suhu perendaman sebesar 60°C.
- b. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin supaya benda uji mudah lepas.
- c. Setelah benda uji dikeluarkan dari water bath, segera diletakkan pada alat uji Marshall yang dilengkapi dengan arloji kelelahan (Flow meter) dan arloji pembebanan stabilitas.
- d. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur hingga menunjukkan angka nol, sementara selubung tangkai

arloji dipegang dengan kuat terhadap segmen kepala penekan.

- e. Kecepatan pembebanan dimulai dengan kecepatan 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pada saat itu dibaca pembebanan maksimum yang terjadi pada Flow meter.

Uji perendaman Marshall dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh suhu, cuaca dan air. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji Marshall, hanya waktu perendamannya dalam suhu konstan $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ dilakukan selama 24 jam sebelum pembebanan diberikan.

5.4 Anggapan Dasar

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi penggunaan limbah karbid untuk campuran Split Mastik Aspal pengaruhnya terhadap nilai Density, VFWA, VITM, Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dianggap peralatan dan bahan dalam keadaan standar. Selain itu variasi didalam pengerjaan pembuatan benda uji sampel dianggap relatif kecil atau diabaikan.

5.5 Cara Analisis

Dari hasil penelitian di laboratorium, diperoleh data-data sebagai berikut:



- a. Berat benda uji sebelum direndam (gr)
- b. Berat benda uji kering permukaan (gr)
- c. Berat benda uji di dalam air (gr)
- d. Tebal benda uji (mm).
- e. Pembacaan arloji stabilitas (mm).
- f. Pembacaan arloji flow (mm).

Dari data-data di atas dapat dihitung nilai-nilai dari Density, VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan Marshall Quotient. Cara perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Berat Jenis efektif dipakai rumus:

$$G_{s_e} = \frac{G_{s_b} + G_{s_a}}{2} \dots \dots \dots (5.1)$$

Keterangan:

G_{s_e} = Berat jenis efektif

G_{s_a} = Berat jenis semu total agregat

G_{s_b} = Berat jenis bulk total agregat

Berat jenis maksimum teoritis (h) dapat dicari dengan rumus:

$$h = \frac{100}{\frac{(100 - P_b)}{G_{s_e}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (5.2)$$

Keterangan:

P_b = % aspal terhadap agregat

G_b = Berat jenis aspal (gr/cm^3)

- b. Berat isi benda uji (g), dipakai rumus sebagai berikut:

$$g = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (5.3)$$

Keterangan :

c = berat benda uji sebelum direndam (gram)

d = berat benda uji jenuh air SSD (gram)

e = berat benda uji di dalam air (gram)

f = isi volume benda uji (mm^3) ---> d - e

g = berat isi benda uji (gram/mm^3)

c. % kehilangan aspal dicari dengan rumus:

$$Pb_a = 100 \times Gb \times \frac{Gs_e - Gs_b}{Gs_e \times Gs_b} \dots \dots \dots (5.4)$$

d. Kadar aspal efektif dicari dengan rumus:

$$Pb_e = Pb \times \frac{Pb_a}{100} \times Ps \dots \dots \dots (5.5)$$

Keterangan:

Ps = % total campuran

e. Ketebalan film aspal (BFT) dicari dengan rumus:

$$F = \frac{Pb_e}{100} \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{Gb} \dots \dots \dots (5.6)$$

Keterangan:

F = Tebal film aspal (mm)

A = Luas permukaan agregat (m^2/kg)

f. % rongga terisi aspal (VFWA) dipakai rumus:

$$m = \frac{100}{i/l} \dots \dots \dots (5.7)$$

Keterangan:

i = rumus substitusi

l = % rongga terhadap agregat

g. % rongga dalam campuran (VITM) dipakai rumus:

$$n = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right) \dots \dots \dots (5.8)$$

h. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Nilai ini masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan. Rumus stabilitas terpakai:

$$q = 10,24 \times s \times 0,4536 \times t \text{ (kg)}$$

Keterangan:

q = Nilai stabilitas

s = Pembacaan arloji stabilitas

t = Angka koreksi tebal benda uji

10,24 = Kalibrasi alat

0,4536 = Perubahan satuan (lb menjadi kg)

i. Flow

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

j. Marshall Quotient (MQ)

Nilai Marshall Quotient didapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan flow.

Stabilitas

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

Flow

Tabel 5.3 Angka koreksi tebal benda uji

Isi benda uji(cm ³)	Tebal benda(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	3,47
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	0,89
560 - 573	68,3	0,86
574 - 585	71,4	0,83
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Sumber : *Petunjuk Praktikum Jalan Raya*

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian

6.1.1 Hasil Pengujian Bahan

Dari serangkaian pengujian bahan dan campuran Split Mastik Aspal dengan tes Marshall, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6.1 Persyaratan agregat kasar dan hasil pengujian di laboratorium

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1. Keausan dengan mesin Los Angeles (%)	maks. 40	37,98
2. Kelekatan terhadap aspal (%)	> 95	100
3. Peresapan terhadap air (%)	maks. 3,0	2,562
4. Berat jenis semu (gr/cm^3)	min. 2,5	2,701

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Jembatan Prop. Jawa Tengah, Dit. Jen. Bina Marga, Dep. PU.*

Tabel 6.2 Persyaratan agregat halus dan hasil pengujian di laboratorium

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1. Nilai Sand equivalent (%)	min. 50	85,52
2. Penyerapan terhadap air (%)	maks. 3,0	0,4167
3. Berat jenis semu (gr/cm^3)	min. 2,5	3,0

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Jembatan Prop. Jawa Tengah, Dit. Jend. Bina Marga, Dep. PU.*

Tabel 6.3 Perhitungan luas permukaan agregat

Saringan		Lolos saringan (%)	Faktor luas permukaan (m ² /kg)	Luas permukaan agregat (m ² /kg)
mm	inch			
11,2	7/16	100	1 x 0,41	0,41
8,0	5/16	95		
5,0	# 4	42,5	x 0,41	0,17
2,0	# 10	25	x 1,08	0,27
0,71	# 25	19	x 2,62	0,50
0,25	# 60	15	x 8,06	1,21
0,09	#170	10,5	x 28,01	2,94
Luas total permukaan agregat, (m ² /kg)				5,50

Sumber: *Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia, Dep. PU. DitJen. Bina Marga*

Tabel 6.4 Perhitungan ketebalan film aspal

Aspal %	Kehilangan aspal %	Aspal efektif %	Tebal film aspal	
			(mm)	(μ)
5	0,9416	4,8	0,0083	8,3
6		5,7	0,0099	9,9
7		6,5	0,0104	10,4

Tabel 6.5 Persyaratan aspal AC 60-70 dan hasil pengujian di laboratorium

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1. Penetrasi (0,1 mm)	maks.70 min. 60	61,70
2. Titik lembek (°C)	maks.58 min. 48	53,7
3. Titik nyala (°C)	min.200	346
4. Kelarutan dalam CCL ₄ (%)	min. 99	99,45
5. Berat jenis (gr/cm ³)	min. 1	1,0482

Sumber: *Data Primer Proyek Peningkatan Jalan dan Jembatan Prop. Jawa Tengah, Dit. Jend. Bina Marga, Dep. PU.*

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

6.1.2 Hasil Pengujian Benda Uji

Hasil penelitian di laboratorium, diperoleh nilai-nilai VITM, VFWA, Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient seperti tertera dalam tabel 6.6 s/d 6.8 di bawah ini.

Tabel 6.6 Hasil test Marshall untuk filler limbah karbid dengan kadar aspal 5%

Spesifikasi	Prosentase Filler				
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
Density, (gr/cm ³)	2,22	2,25	2,21	2,19	2,15
VITM, (%)	8,2	7,2	8,8	9,6	11,3
VFWA, (%)	55	57	52	50	46
Stabilitas, (kg)	1687	1692	1660	1403	1216
Flow, (mm)	2,0	1,7	2,1	2,3	2,7
MQ, (kg/mm)	843,5	995,3	790,5	610	450,4

Tabel 6.7 Hasil test Marshall untuk filler limbah karbid dengan kadar aspal 6%

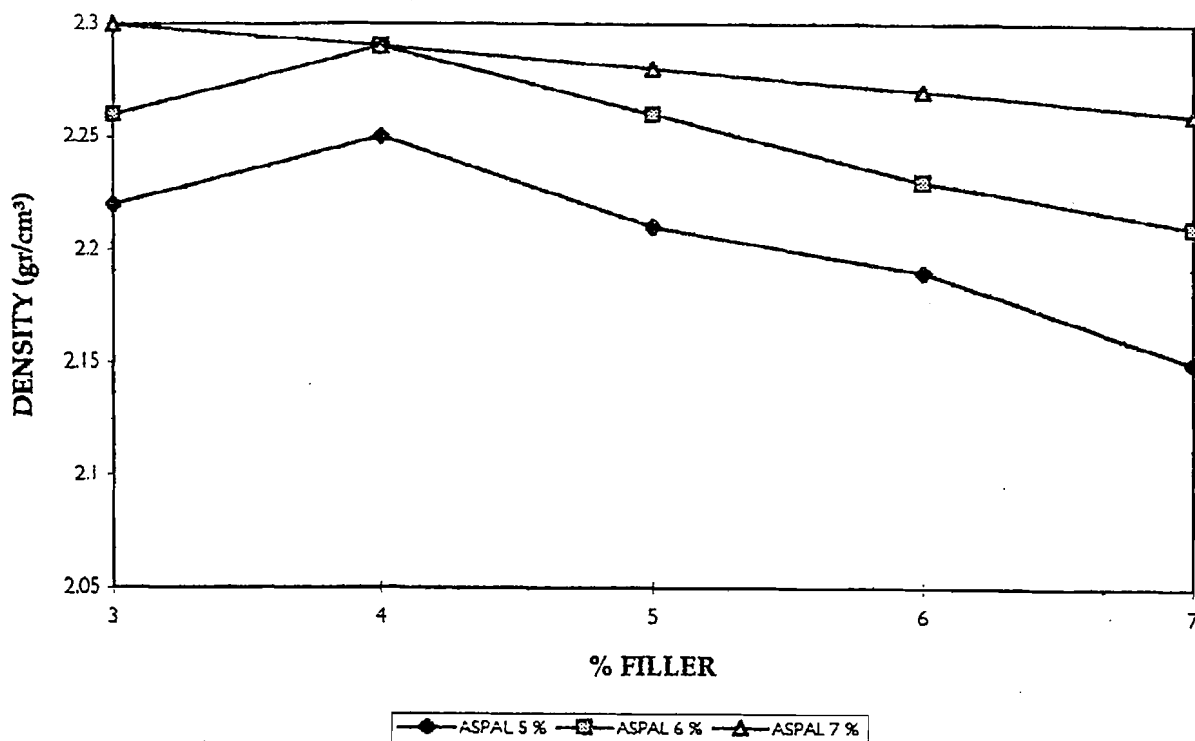
Spesifikasi	Prosentase Filler				
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
Density, (gr/cm ³)	2,26	2,29	2,26	2,23	2,21
VITM, (%)	5,5	4,2	5,4	6,7	7,4
VFWA, (%)	67	73	69	64	60
Stabilitas, (kg)	2055	2245	2100	1981	1786
Flow, (mm)	1,9	1,5	1,7	2,3	2,6
MQ, (kg/mm)	1081,6	1496,7	1235,3	861,3	686,9

Tabel 6.8 Hasil test Marshall untuk filler limbah karbid dengan kadar aspal 7%

Spesifikasi	Prosentase Filler				
	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %
Density, (gr/cm ³)	2,30	2,29	2,28	2,27	2,26
VITM, (%)	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9
VFWA, (%)	82	81	79	78	76
Stabilitas, (kg)	2248	2067	1834	1780	1517
Flow, (mm)	1,6	2,2	3,4	4,2	5,9
MQ, (kg/mm)	1405	939,6	539,4	423,8	257,1

6.2 Pembahasan

6.2.1 Evaluasi Terhadap Kerapatan (Density)



Grafik 6.1 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap Density

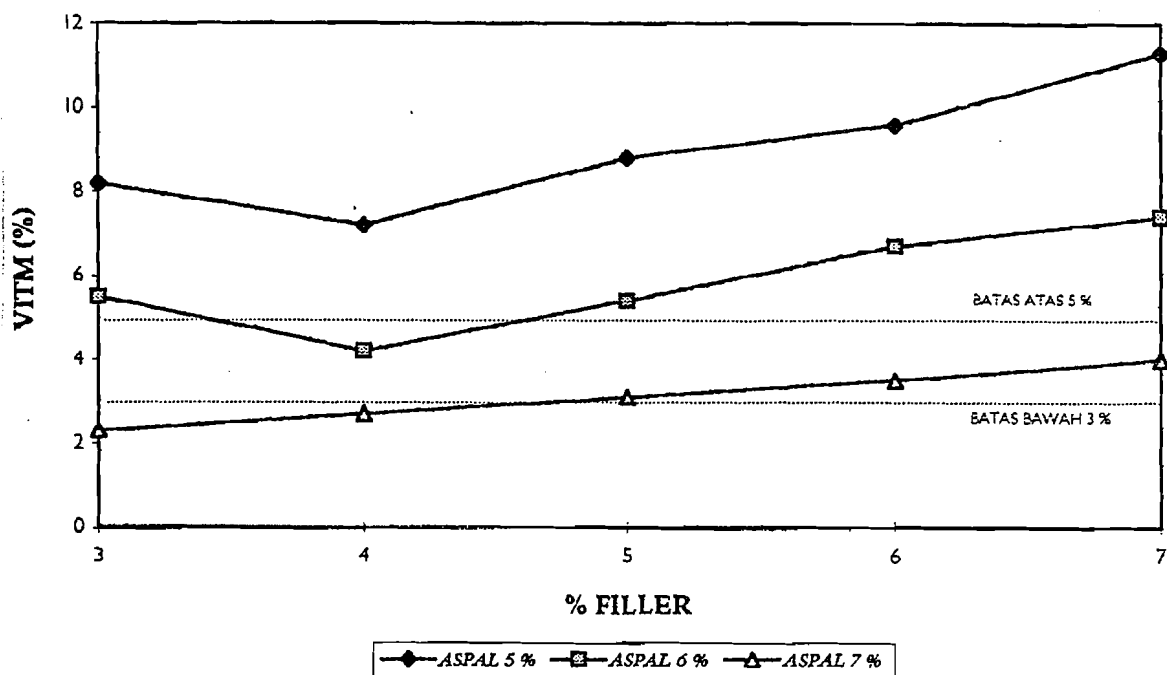
Density menunjukkan besarnya derajat kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Kerapatan campuran dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatannya. Campuran akan mempunyai kepadatan yang tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, kadar aspal yang tinggi (cukup untuk menyelimuti permukaan butiran), viskositas aspal rendah dan pemadatan pada suhu tinggi.

Benda uji campuran SMA dengan kadar aspal 5% dan 6%, pada filler 3% s/d 4% terjadi kenaikan kerapatan. Tetapi penambahan filler setelah 4% kerapatan campuran mengalami penurunan. Untuk kadar aspal 7%, pada filler 3% s/d 7% mengalami penurunan. Kenaikan kepadatan campuran disebabkan pada tahap awal filler mengisi rongga dalam campuran

dan bitumen bebas masih banyak. Penurunan yang terjadi disebabkan bitumen bebas makin berkurang sehingga kepadatan campuran berkurang dan aspal tidak cukup untuk menyelimuti permukaan agregat yang mengakibatkan porositas bertambah. Dengan bertambahnya porositas, maka akan mengurangi kepadatan campuran.

Kepadatan campuran maksimum terjadi pada kadar aspal 7% untuk filler 3% sebesar $2,30 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan kepadatan minimum terjadi pada kadar aspal 5% untuk filler 7% sebesar $2,15 \text{ gr/cm}^3$ (lihat pada grafik 6.1).

6.2.2 Evaluasi terhadap Void In The Mix



Grafik 6.2 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap VITM

Rongga udara dalam campuran menunjukkan banyaknya rongga udara dalam campuran yang memungkinkan tambahan pemadatan akibat beban lalu-lintas yang berulang. Kandungan rongga udara yang terlalu tinggi akan memudahkan

masuknya air dan udara sehingga penetrasi bitumen berkurang. Kandungan rongga udara yang terlalu sedikit akan menyebabkan aspal menjadi getas. Persyaratan pada spesifikasi Bina Marga adalah 3% - 5%.

Rongga udara dalam campuran dengan kadar aspal 5% dan 6%, pada filler 4% terjadi penurunan, tetapi penambahan filler setelah 4% mengalami kenaikan. Untuk kadar aspal 7%, terjadi kenaikan VITM pada filler 3% s/d 7%.

Kenaikan VITM tersebut disebabkan penambahan filler akan menyerap/mengurangi kadar bitumen bebas yang mengisi rongga dalam campuran.

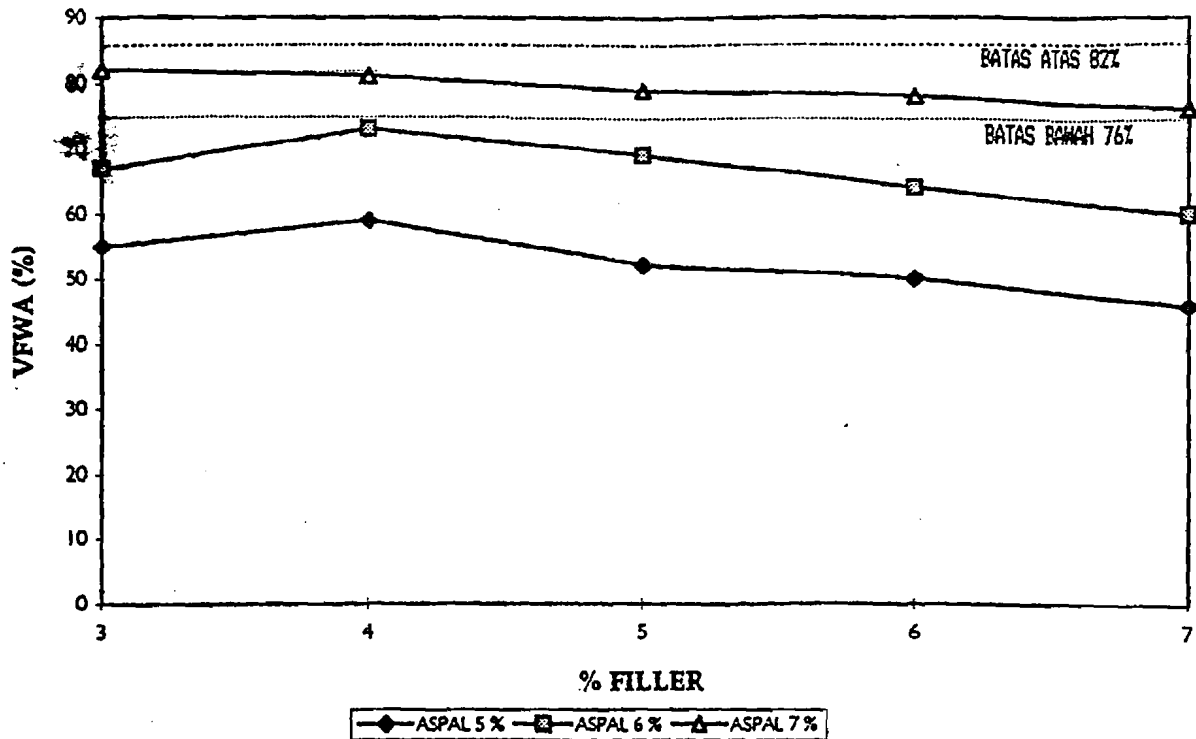
Nilai VITM maksimum pada kadar aspal 5% dengan filler 7% sebesar 11,3%, sedangkan nilai VITM minimum pada kadar aspal 7% dengan filler 3% sebesar 2,3%.

Yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 6% dengan filler 4% dan kadar aspal 7% dengan filler 5% s/d 7% (lihat pada grafik 6.2).

6.2.3 Evaluasi Terhadap VFWA

Rongga terisi aspal berpengaruh terhadap kekuatan ikatan campuran (adhesi), kedapannya dan keawetan suatu campuran. VFWA rendah akan mengurangi daya ikat sehingga stabilitasnya rendah. Sebaliknya jika VFWA tinggi, fleksibilitas campuran menjadi tinggi dan mudah mengalami deformasi akibat beban yang diterimanya. Persyaratan pada spesifikasi Bina Marga adalah 76% - 82%.

VFWA dengan kadar aspal 5% dan 6%, pada filler 4% terjadi kenaikan. Kemudian penambahan filler setelah 4% mengalami penurunan. Untuk kadar aspal 7%, pada filler 3%



Grafik 6.3 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap VFWA

s/d 7% terlihat penurunan VFWA.

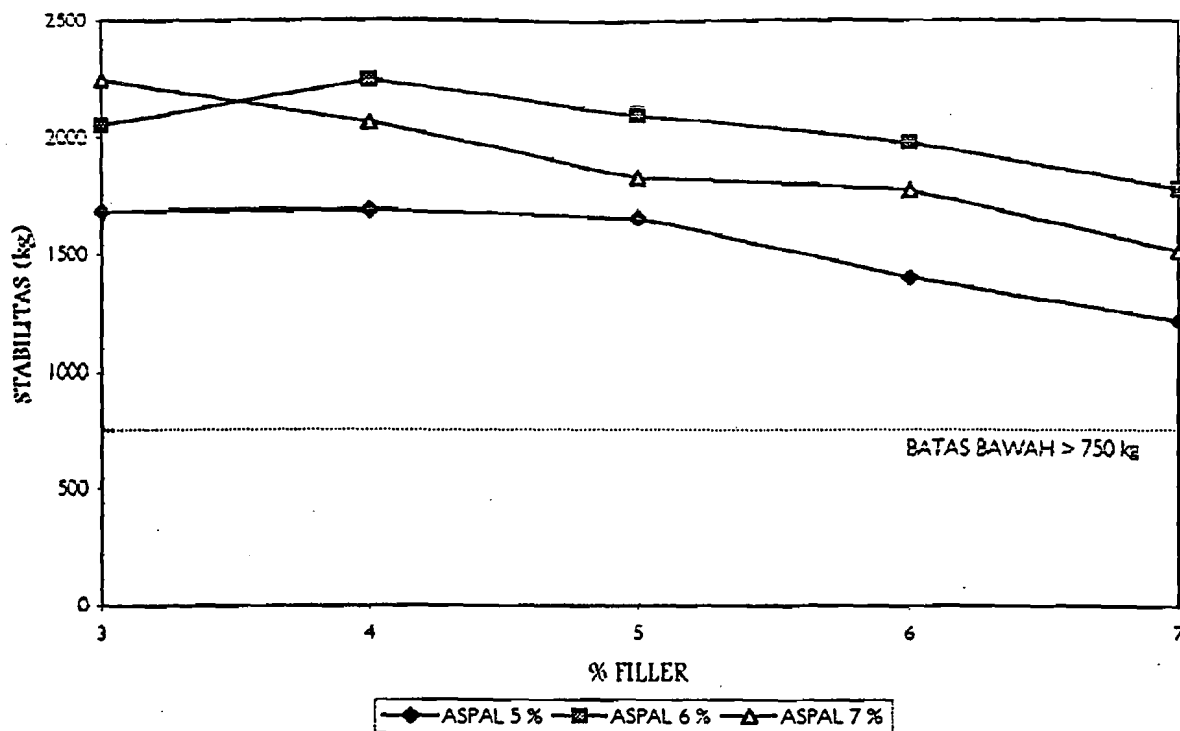
Nilai VFWA maksimum pada kadar aspal 7% dengan filler 3% sebesar 82%, sedangkan nilai VFWA minimum pada kadar aspal 5% dengan filler 7% sebesar 46%. Yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 7% dengan filler 3% s/d 7% (lihat pada grafik 6.3).

6.2.4 Evaluasi terhadap Stabilitas

Stabilitas menunjukkan kemampuan lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, bleeding.

Stabilitas aspal terjadi dari hasil gesekan dan saling kunci antar butiran agregat dan daya ikat bitumen. Penyelimutan aspal yang tipis menyebabkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitas dan stabilitasnya rendah.

Nilai stabilitas campuran untuk kadar aspal 6%, pada



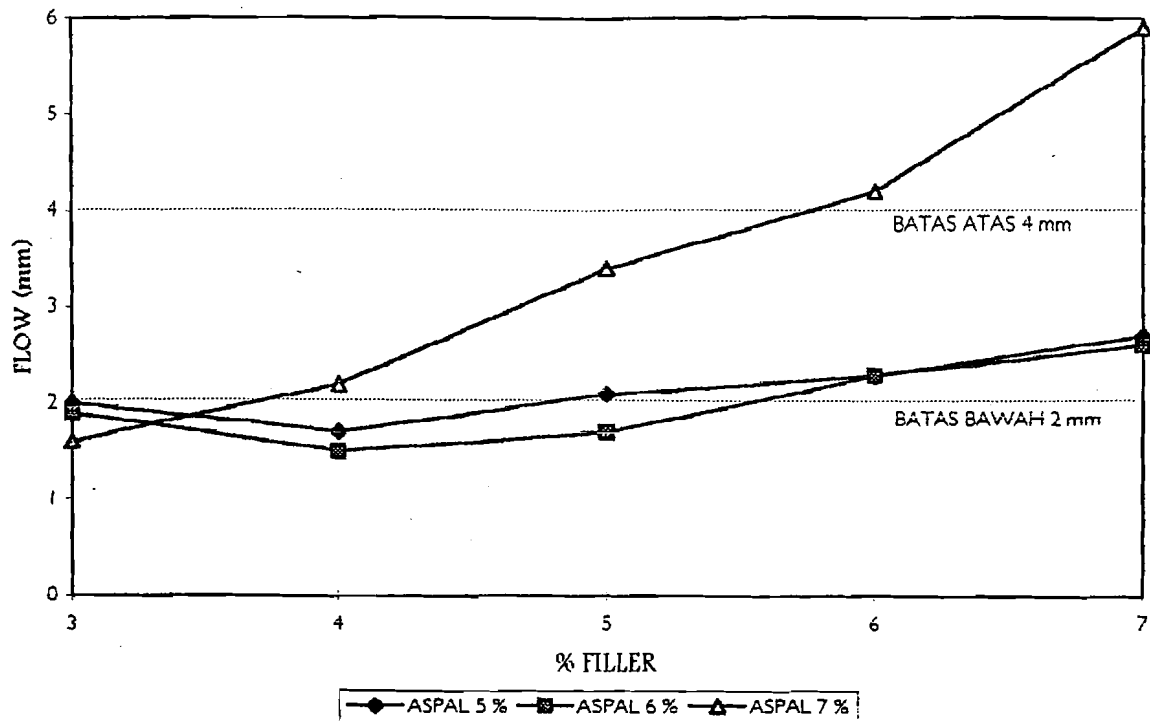
Grafik 6.4 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap Stabilitas

filler 4% mengalami kenaikan, tetapi penambahan filler setelah 4% mengalami penurunan hingga filler 7%, sedangkan kadar aspal 5% dan 7% terjadi penurunan sesuai penambahan filler.

Kenaikan stabilitas campuran disebabkan pada penambahan tersebut bitumen bebas masih relatif cukup banyak untuk menyelimuti permukaan butiran dan memberikan kohesi; sedangkan penambahan selanjutnya bitumen bebas makin sedikit sehingga nilai stabilitas campuran menurun. Persyaratan pada spesifikasi Bina Marga adalah > 750 kg.

Stabilitas maksimum pada kadar aspal 7% dengan filler 3% sebesar 2248 kg, sedang stabilitas minimum pada kadar aspal 5% dengan filler 7% sebesar 1216 kg. Semua kadar aspal dan kadar filler memenuhi spesifikasi, tetapi masih terlalu tinggi (lihat pada grafik 6.4).

6.2.5 Evaluasi Terhadap Flow



Grafik 6.5 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap Flow

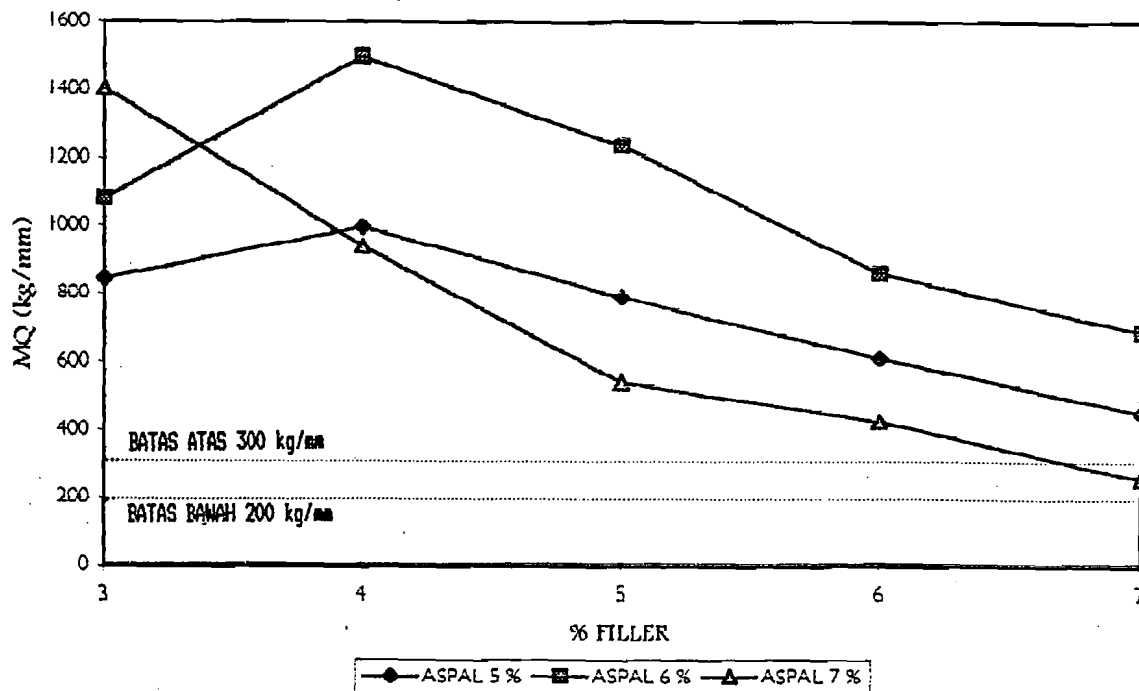
Flow (kelelehan plastis) menunjukkan besarnya keadaan perubahan bentuk suatu campuran (*deformasi*) yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh. Penambahan kadar filler jika campuran dipadatkan, akan mengisi rongga udara sehingga campuran menjadi padat dan mengurangi fleksibilitas. Persyaratan pada spesifikasi Bina Marga adalah antara 2 mm - 4 mm.

Nilai flow campuran untuk kadar aspal 5% dan 6%, pada filler 4% terjadi penurunan. Penambahan filler setelah 4% mengalami kenaikan. Untuk kadar aspal 7% mengalami kenaikan sesuai penambahan filler.

Nilai flow maksimum pada kadar aspal 7% dengan filler 7% sebesar 5,9 mm sedangkan nilai flow minimum pada kadar aspal 6% dengan filler 4% sebesar 1,5 mm. Yang memenuhi

spesifikasi adalah kadar aspal 5% dengan filler 3%, 5%, 6% dan 7%, kemudian kadar aspal 6% dengan filler 6% dan 7% dan kadar aspal 7% dengan filler 4% dan 5% (lihat pada grafik 6.5).

6.2.6 Evaluasi Terhadap Marshall Quotient



Grafik 6.6 Hubungan kadar filler dan kadar aspal terhadap MQ

Marshall Quotient (koefisien Marshall) adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis. Stabilitas yang tinggi yang disertai kelelahan rendah, campuran akan bersifat kaku. Sebaliknya, stabilitas rendah dengan kelelahan tinggi menunjukkan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan mudah mengalami deformasi akibat beban lalu-lintas yang berulang. Persyaratan pada spesifikasi Bina Marga adalah 200 - 300 kg/mm.

Nilai MQ pada campuran untuk kadar aspal 5% dan 6%, pada filler 4% mengalami kenaikan, tetapi penambahan

filler setelah 4% mengalami penurunan. Untuk kadar aspal 7%, mengalami penurunan nilai MQ. Kenaikan nilai MQ pada campuran menunjukkan kekakuan campuran menjadi makin tinggi (makin kaku).

Nilai MQ maksimum campuran pada kadar aspal 6% dengan filler 4% sebesar 1496,7 kg/mm, sedangkan nilai MQ minimum campuran pada kadar aspal 7% dengan filler 7% sebesar 257,1 kg/mm. Yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 7% dengan filler 7% (lihat pada grafik 6.6).

Dari hasil penelitian di laboratorium setelah pembahasan dengan grafik sebagai perbandingan dari masing-masing variasi kadar aspal maupun kadar filler, maka dapat di evaluasi untuk campuran SMA + S grading 0/8 dengan limbah karbid sebagai fillernya seperti tertera dalam tabel 6.9 s/d 6.11.

Tabel 6.9 Evaluasi campuran SMA + S dengan filler limbah karbid pada kadar aspal 5% terhadap spesifikasi Bina Marga

SPESIFIKASI BINA MARGA	Kadar Filler (%)				
	3	4	5	6	7
Density, (gr/cm ³)	████████████████████				
VITM, (3 - 5)%	████████████████████				
VFWA, (76 - 82)%	████████████████████				
Stabilitas, (> 750 kg)	████████████████████				
Flow, (2 - 4)mm	████	████	████	████	████
MQ, (200 - 300)kg/mm	████	████	████	████	████

Panjang jejak roda diambil 25 cm, dengan asumsi kecepatan kendaraan (V) = 50 km/jam. Contoh hitungan :

6.3.1 Contoh Hitungan S bit dengan 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 ($^{\circ}\text{C}$), diambil 35°C

$$\begin{aligned} \text{a. } t &= \frac{l}{v} \text{ (detik)} \\ &= \frac{0,25 \cdot 3600}{5000} \text{ (detik)} \\ &= 0,018 \text{ detik.} \end{aligned}$$

b. Titik lembek aspal (Trb) = $53,7^{\circ}\text{C}$

c. Penetrasi aspal pada suhu 25°C (Pi) = $61,70^{\circ}\text{C}$

d. Suhu antara ($\text{Trb} - T$) = $53,7 - 35 = 18,7^{\circ}\text{C}$

e. Penetration Index (PIr) :

$$\begin{aligned} \text{PIr} &= \frac{27 \cdot \log \text{Pi} - 21,65}{76,35 \cdot \log \text{Pi} - 232,82} \\ \text{PIr} &= \frac{27 \cdot \log 61,7 - 21,65}{76,35 \cdot \log \text{Pi} - 232,82} \\ &= - 0,2776 \end{aligned}$$

Dari data (a), (d), dan (e) dengan nomogram Van der Poel, maka didapat nilai kekakuan bitumen (S bit) adalah sebesar $1,5 \times 10^8$.

6.3.2 Contoh Hitungan S bit dengan Formula Ullidz

$$\text{Pr} = 0,65 \cdot \text{Pi}$$

$$= 0,65.61,7$$

$$= 40,105$$

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

$$PIr = \frac{27 \cdot \log 61,7 - 21,65}{76,35 \cdot \log 61,7 - 232,82}$$

$$= -0,2776$$

$$SPr = 94,8 - 26,35 \cdot \log Pr$$

$$= 94,8 - 26,35 \cdot \log 40,105$$

$$= 52,5557$$

$$Sb = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{-0,368} \times 2,718^{-PIr} \times (SPr - T)^5$$

$$Sb = 1,157 \times 10^{-7} \times 0,018^{-0,368} \times 2,718^{-0,2776}$$

$$\times (52,557 - 35)^5$$

$$= 1,12 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

6.4 Modulus Kekakuan Campuran (S mix)

Pada penelitian ini dicari nilai modulus kekakuan campuran dengan menggunakan formula Heukelom dan Klomp dan Nomogram Shell.

6.4.1 Contoh Hitungan dengan Nomogram Shell

Sebagai contoh diambil sampel I dengan filler 3 % pada kadar aspal 5 %

$$S_{bit} = 1,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

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

Kadar pori dalam campuran padat dihitung dengan:

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

$$\sigma_{\max} = \frac{100 \times \sigma_w}{(MB/Gb) + (MA/Ga)}$$

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

dimana:

$$M_a = \frac{1200 - 60}{1200} \times 100\% = 95\% ; \sigma_w = 1$$

$$M_b = \frac{60}{1200} \times 100\% = 5\%$$

maka:

$$\sigma_{\max} = \frac{100 \times 1}{(5/1,048) + (95/2,5966)} = 2,4180$$

$$V_v = \frac{(2,4180 - 2,24) \times 100\%}{2,4180} = 7,3615$$

$$V_b = \frac{(100 - 7,3615) \cdot (5/1,0482)}{(5/1,0482) + (95/2,596)} = 10,685\%$$

$$V_g = 100\% - (V_v + V_b) = 81,9535\%$$

Dari hasil di atas dapat di cari nilai S mix pada nomogram Shell yaitu sebesar $1,1 \times 10^9$.

6.4.2 Contoh hitungan dengan Formula Heukelom dan Klomp

$$V_b = 10,6850\%$$

$$V_v = 7,3615\%$$

$$V_g = 81,9535\%$$

Karena harga $V_v > 3\%$; maka dicari dulu harga C_v

$$C_v = \frac{v_g}{v_g + V_b}$$

$$= \frac{81,9535}{81,935 + 10,6850} = 0,8847$$

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

$$Cv' = \frac{0,8847}{1 + 0,01 \cdot (7,3615 - 3)} = 0,8477$$

Syarat $Cb > 2/3 \cdot (1 - Cv')$

$$\begin{aligned} Cb &= \frac{Vb}{Vb + Vg} \\ &= \frac{10,6850}{10,6850 + 81,9535} \\ &= 0,1153 \end{aligned}$$

Jadi $0,1153 > 0,1015$

$$n = 0,83 \cdot 106 \left| \frac{4 \times 10^{10}}{S \text{ bit}} \right|$$

$$n = 0,83 \cdot 106 \left| \frac{4 \times 10^{10}}{1,5 \times 10^8} \right| = 5,6503$$

maka:

$$S_{\text{mix}} = S \text{ bit} \left| 1 + \frac{2,5}{n} \times \frac{Cv}{1 - Cv} \right|^n$$

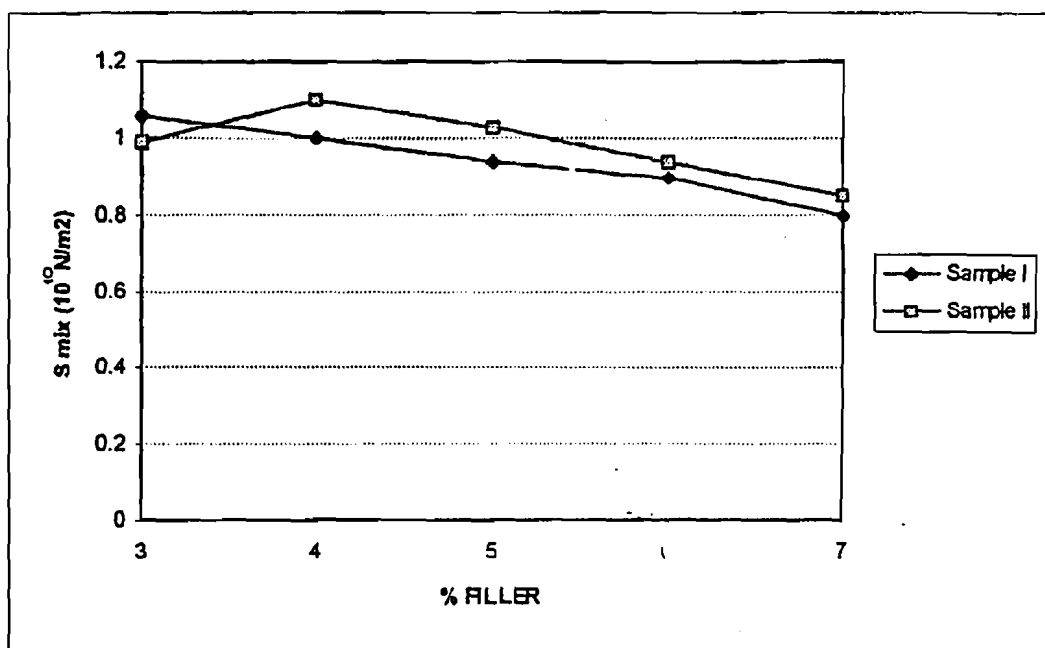
$$\begin{aligned} S_{\text{mix}} &= S \text{ bit} \left| 1 + \frac{2,5}{3,6503} \times \frac{0,8847}{1 - 0,8847} \right|^{3,6503} \\ &= 1,29 \times 10^9 \end{aligned}$$

Dari contoh hitungan diatas, maka modulus kekakuan campuran dapat dicari. Setelah didapat hasilnya, kemudian dimasukkan dalam tabel dan dibuat grafik.

Hasil perhitungan sampel yang lain dengan cara yang sama dapat dilihat pada tabel 6.12 s/d 6.14.

Tabel 6.12 Modulus Kekakuan campuran pada kadar aspal 5% dengan filler limbah karbid

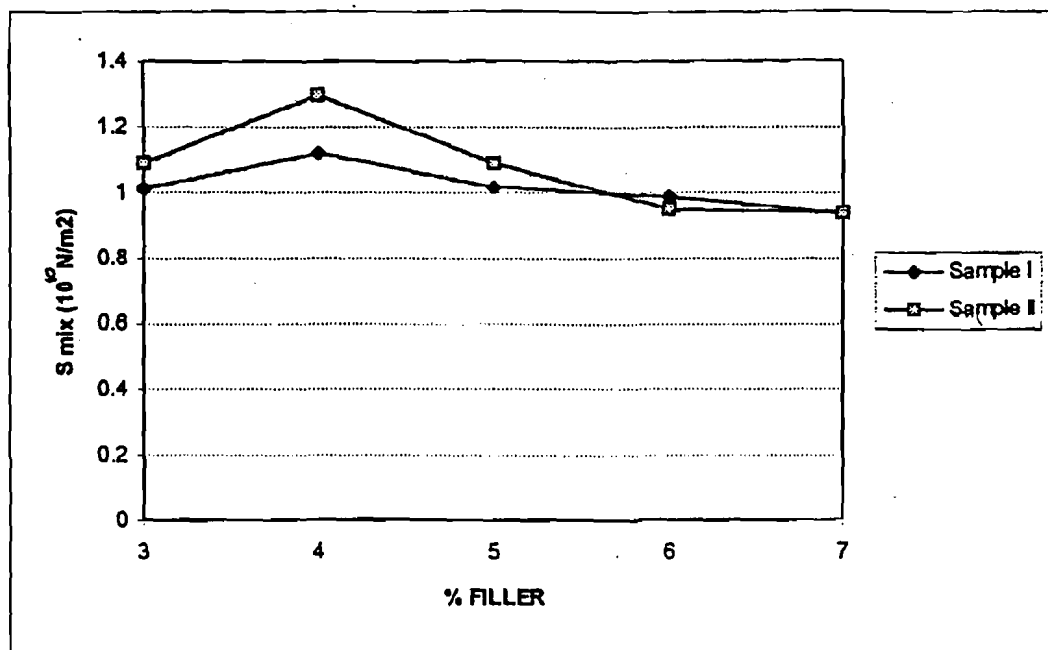
%	Sampel	Vb (%)	Vg (%)	S mix (N/m ²)
3	I	10,7520	81,8865	1,06x10 ¹⁰
	II	10,5610	80,4243	9,9x10 ⁹
4	I	10,6080	80,7898	10 ¹⁰
	II	10,9440	83,3488	1,1x10 ¹⁰
5	I	10,5120	80,0587	9,4x10 ⁹
	II	10,6560	81,1554	1,03x10 ¹⁰
6	I	10,4640	79,6932	9x10 ⁹
	II	10,5120	80,0587	9,4x10 ⁹
7	I	10,2720	78,2309	8x10 ⁹
	II	10,3200	78,5965	8,5x10 ⁹



Grafik 6.7 Kekakuan campuran menurut Nomogram Shell pada kadar aspal 5% dengan filler limbah karbid

Tabel 6.13 Modulus Kekakuan campuran pada kadar aspal 6% dengan filler limbah karbid

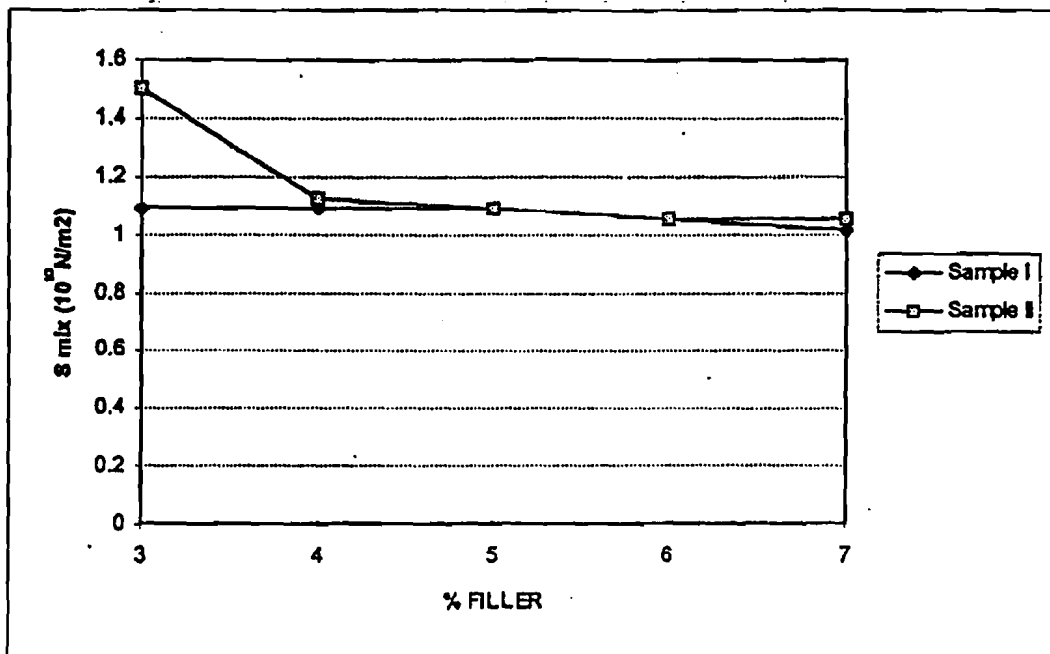
%	Sampel	Vb (%)	Vg (%)	S mix (N/m ²)
3	I	12,7680	81,1445	1,01x10 ¹⁰
	II	12,9390	82,2312	1,09x10 ¹⁰
4	I	12,9960	82,5935	1,12x10 ¹⁰
	II	13,0530	82,9557	1,30x10 ¹⁰
5	I	12,8250	81,5067	1,02x10 ¹⁰
	II	12,9390	82,2312	1,09x10 ¹⁰
6	I	12,7110	80,7822	9,9x10 ⁹
	II	12,6540	80,4200	9,5x10 ⁹
7	I	12,5970	80,0577	9,4x10 ⁹
	II	12,5970	80,0577	9,4x10 ⁹



Grafik 6.8 Kekakuan campuran menurut Nomogram Shell pada kadar aspal 6% dengan filler limbah karbid

Tabel 6.14 Modulus Kekakuan campuran pada kadar aspal 7% dengan filler limbah karbid

%	Sampel	Vb (%)	Vg (%)	S mix (N/m ²)
3	I	14,8198	82,0654	1,09x10 ¹⁰
	II	15,0798	83,5052	1,5x10 ¹⁰
4	I	14,8198	82,0654	1,09x10 ¹⁰
	II	14,9498	82,7853	1,12x10 ¹⁰
5	I	14,8198	82,0654	1,09x10 ¹⁰
	II	14,8198	82,0654	1,09x10 ¹⁰
6	I	14,7548	81,7055	1,05x10 ¹⁰
	II	14,7548	81,7055	1,05x10 ¹⁰
7	I	14,6248	80,9856	1,07x10 ¹⁰
	II	14,7548	81,7055	1,05x10 ¹⁰



Grafik 6.9 Kekakuan campuran menurut Nomogram Shell pada kadar aspal 7% dengan filler limbah karbid

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

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

1. Bahan susun untuk campuran SMA yang dipergunakan dalam penelitian memenuhi persyaratan Bina Marga sehingga dapat dipakai sebagai bahan untuk penelitian.
2. Dari hasil analisis, penambahan filler dari 3% s/d 7% dalam campuran didapatkan fenomena sebagai berikut:
 - a. *Density (kerapatan)* campuran mengalami penurunan untuk semua kadar aspal, kecuali pada kadar filler 4% terjadi kenaikan campuran untuk kadar aspal 5% sebesar $2,25 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar aspal 6% sebesar $2,29 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan pada kadar aspal 7% mengalami penurunan campuran untuk semua kadar filler.
 - b. *VITM (rongga dalam campuran)* campuran untuk kadar aspal 5% dan 6% mengalami kenaikan diatas batas spesifikasi, kecuali pada kadar filler 4% terjadi penurunan dan untuk kadar aspal 6% memenuhi spesifikasi yaitu 4,2%. Untuk kadar aspal 7% mengalami kenaikan campuran dan masih memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar filler 5% (3,1%), 6% (3,5%) dan 7% (3,9%).

- c. *VFWA (rongga terisi aspal)* campuran untuk kadar aspal 5% dan 6% mengalami penurunan dibawah batas spesifikasi hanya pada kadar filler 4% terjadi kenaikan yang masih dibawah batas spesifikasi. Untuk kadar aspal 7% mengalami penurunan campuran dan berada pada batas spesifikasi.
- d. *Stabilitas (ketahanan)* campuran untuk kadar aspal 5% mengalami kenaikan, tetapi penambahan filler setelah 4% terjadi penurunan campuran. Untuk kadar aspal 6% mengalami kenaikan campuran, tetapi penambahan filler setelah 5% terjadi penurunan, sedangkan kadar aspal 7% kenaikan campuran terjadi hingga kadar filler 6% dan mengalami penurunan setelah kadar filler 6%. Secara keseluruhan, stabilitas campuran berada diatas batas spesifikasi.
- e. *Flow (kelelehan plastis)* campuran untuk kadar aspal 5% dan 6% mengalami penurunan pada kadar filler 4%, tetapi penambahan filler setelah 6% terjadi kenaikan campuran dimana untuk kadar aspal 5% memenuhi spesifikasi pada kadar filler 3% (2,7 mm), 4% (2,3 mm) dan 5% (2,1 mm), sedangkan untuk kadar aspal 6% dengan kadar filler 3% (2,6 mm) dan 4% (2,3 mm). Pada kadar aspal 7% penurunan campuran terjadi hingga kadar filler 5% dan mengalami kenaikan diatas batas spesifikasi setelah kadar filler 5%, tetapi pada kadar filler 3% (3,4 mm) dan 4% (2,2 mm) telah memenuhi spesifikasi.
- f. Nilai *Marshall Quotient* pada campuran mengalami

kenaikan hingga kadar filler 6% kemudian terjadi penurunan campuran, kecuali untuk kadar aspal 7% kenaikan campuran hingga kadar filler 5% kemudian terjadi penurunan campuran. Nilai MQ yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 7% dengan kadar filler 7% (257,1 kg/mm).

- g. Nilai kekakuan campuran maksimum terjadi pada kadar aspal 7% dengan kadar filler 3% sebesar $1,5 \times 10^{10}$ sedangkan nilai kekakuan campuran minimum terjadi pada kadar aspal 5% dengan kadar filler 7% sebesar $0,8 \times 10^{10}$. Secara keseluruhan nilai kekakuan campuran mengalami penurunan sesuai penambahan filler.
- h. Dari hasil pengujian ternyata tidak sesuai hipotesa atau hipotesa ditolak. Untuk SMA + S grading 0/8 dengan filler limbah karbid, menunjukkan campuran lapis permukaan yang terlalu kaku dan tidak sesuai dengan spesifikasi, sehingga tidak layak untuk lapis permukaan pada perkerasan jalan.

7.2 Saran

Penelitian untuk campuran SMA + S gradasi 0/8 perlu adanya tindak lanjut bagi para praktikan dengan variasi kadar aspal yang sama, alternatif penggunaan filler selain limbah karbid seperti kapur, abu batu dan sebagainya, sehingga dapat digunakan sebagai masukan bagi para pelaksana untuk efisiensi sumber daya serta ekonomis yang mengacu pada kelestarian alam dan lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

_____, 1984, **ASPHALT TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION PRACTICES**, Educational Series (ES-1), The Asphalt Institute, Asphalt Institute, Building College Park, Maryland, USA.

_____, 1991, **CUSTOM FIBERS CF-31500**, P.T. Saranaraya Reka Cipta, Jakarta.

_____, 1996, **PANDUAN PRAKTIKUM JALAN RAYA IV**, Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Brown S.F. and Stephen, 1990, **THE SHELL BITUMEN HANDBOOK**, Shell Bitumen, U.K.

Irman Nurdin, 1990, **LAPIS TIPIS SPLIT MASTIK ASPAL 0/8 DENGAN BAHAN TAMBAH ARBOCEL UNTUK PEMELIHARAAN JALAN DI INDONESIA**, Pusat Litbang Jalan, Jakarta.

Krebs R. D. and Walker R. D., 1971, **HIGHWAY MATERIALS**, Mc Graw Hill, Book Company, New York, USA.

Lismanto dan Muhammad As'ad, 1993, **MEKANISME STABILISASI ASPAL OLEH SERAT SELULOSA DI DALAM CAMPURAN SPLIT MASTIK ASPAL**, Jakarta.

Moh. Ali Khairudin, 1993, **TINJAUAN UMUM HASIL APLIKASI SPLIT MASTIK ASPAL**, Jakarta.

Sarwidi dan Ibnu Sudarmadji, 1989, **PENGGUNAAN KAPUR KARBID SEBAGAI BAHAN IKAT TAMBAH PADA BETON SEMEN**, P3M Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Silvia Sukirman, 1992, **PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA**, Bandung.

LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)
- Lampiran 2. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 3. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 4. Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal
- Lampiran 5. Sand Equivalent Data
- Lampiran 6. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus
- Lampiran 14. Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 16. Pemeriksaan Titik (Lembek, Nyala, Bakar)Aspal
- Lampiran 17. Pemeriksaan Daktilitas/Residue
- Lampiran 18. Pemeriksaan Kelarutan dalam CCL₄
- Lampiran 19. Keterangan perhitungan test Marshall
- Lampiran 20. Hasil perhitungan test Marshall



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

*Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*

LABORATORIUM JALAN RAYA


Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : Agregat Kasar

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASION TEST)

JENIS GRADASI SARINGAN		BENDA UJI (Gram)
LOLOS	TERTAHAN	
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	2500
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000
TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3101
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		37,98 %

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

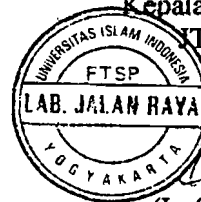
Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

KETERANGAN	BENDA UJI (gr)
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) → BJ	1521
Berat benda uji didalam air → BA	934
Berat sampel kering oven → BK	1483
Berat Jenis (<i>bulk</i>) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,5264
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,5911
BJ Semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,7013
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100 \%$	2,5624

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

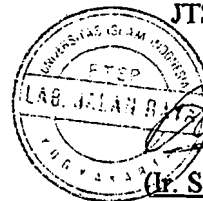
Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

KETERANGAN	BENDA UJI (gr)
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500
Berat piknometer + Air → B	666
Berat piknometer + Air + Benda Uji → BT	986
Berat sampel kering oven → BK	480
Berat Jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,6666
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,7778
BJ Semu = $\frac{BK}{(B + BK + BT)}$	3
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100\%$	0,4167

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
JTS FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : Agregat Kasar

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

PEMANASAN	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
DIPERIKSA		
Mulai	27 ° C	10 ¹⁰ WIB
Selesai	27 ° C	10 ²⁰ WIB

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
I	100 %
II	100 %
Rata-rata	100 %

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : Agregat Kasar

**SAND EQUIVALENT DATA
AASHTO T 176-73**

<i>TRIAL NUMBER</i>		<i>I</i>	<i>II</i>
SOAKING (10.1 min)	START	10.50'	10.50'
	STOP	10.52'	10.52'
SEDIMENTATION TIME (20 min - 15 sec)	START	10.52'	10.52'
	STOP	11.12'	11.12'
CLAY READING		4,5	4,8
SAND READING		3,9	4,05
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%$		86,666	84,375
AVERAGE SAND EQUIVALENT		85,52	
<i>Remark : Syarat Sand Equivalent Test minimal 50 %</i> Kadar lumpur 1 = 100 % - SE = 100 % - 86,666 % = 13,334 % Kadar lumpur 2 = 100 % - SE = 100 % - 84,375 % = 15,625 %			

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
FTS FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM1 144 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran	Berat (gram)		Ukuran (%)		Spesifikasi	
		Tertahan	Lulus	Tertahan	Lulus	M _u	M _w
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	55.2	55.2	5	95	90	100
5.0	# 4	579.6	634.8	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	193.2	828	75	25	20	30
0.71	# 25	66.2	894.2	81	19	13	25
0.25	# 60	44.2	938.4	85	15	10	20
0.09	#170	49.7	988.1	89.5	10.5	8	13
PAN		115.9	1104	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 5 %
 Kadar Filler = 3 %
 Berat Agregat = {1200 - (5 % x 1200) - (3 % x 1200)} = 1104 gram
 Fraksi I (5-11.2) = 634.8/1200 x 100 % = 52.9 %
 Fraksi II (2 - 5) = 193.2/1200 x 100 % = 16.1 %
 Fraksi III (0 - 2) = 276.0/1200 x 100 % = 23 %

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran	Berat (gram)		Ukuran (%)		Spesifikasi	
		Tertahan	Lulus	Tertahan	Lulus	M _u	M _w
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	54.6	54.6	5	95	90	100
5.0	# 4	573.3	627.9	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	191.1	819	75	25	20	30
0.71	# 25	65.5	884.5	81	19	13	25
0.25	# 60	43.7	928.2	85	15	10	20
0.09	#170	49.1	977.3	89.5	10.5	8	13
PAN		114.7	1092	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 5 %
 Kadar Filler = 4 %
 Berat Agregat = {1200 - (5 % x 1200) - (4 % x 1200)} = 1092 gram
 Fraksi I (5-11.2) = 627.9/1200 x 100 % = 52.33 %
 Fraksi II (2 - 5) = 191.1/1200 x 100 % = 15.93 %
 Fraksi III (0 - 2) = 273.0/1200 x 100 % = 22.75 %

Mengetahui
 Kepala Lab. Jalan Raya JTS FTSP UII

(Dr. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

NO. Saringan	Ukuran	BERAT (gram)		JUMLAH (%)		SPESIFIKASI	
		Terdapat	Jumlah	Terdapat	Lulus	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	54	54	5	95	90	100
5.0	# 4	567	621	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	189	810	75	25	20	30
0.71	# 25	64.8	874.8	81	19	13	25
0.25	# 60	43.2	918	85	15	10	20
0.09	#170	48.6	966.6	89.5	10.5	8	13
PAN		113.4	1080	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 5 %
 Kadar Filler = 5 %
 Berat Agregat = {1200 - (5 % x 1200) - (5 % x 1200)} = 1080 gram
 Fraksi I (5-11.2) = 621/1200 x 100 % = 51.75 %
 Fraksi II (2-5) = 189/1200 x 100 % = 15.75 %
 Fraksi III (0-2) = 270/1200 x 100 % = 22.5 %

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

NO. Saringan	Ukuran	BERAT (gram)		JUMLAH (%)		SPESIFIKASI	
		Terdapat	Jumlah	Terdapat	Lulus	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	53.4	53.4	5	95	90	100
5.0	# 4	560.7	614.1	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	186.9	801	75	25	20	30
0.71	# 25	64.1	865.1	81	19	13	25
0.25	# 60	42.7	907.8	85	15	10	20
0.09	#170	48.1	955.9	89.5	10.5	8	13
PAN		112.1	1068	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 5 %
 Kadar Filler = 6 %
 Berat Agregat = {1200 - (5 % x 1200) - (6 % x 1200)} = 1068 gram
 Fraksi I (5-11.2) = 614.1/1200 x 100 % = 51.18 %
 Fraksi II (2-5) = 186.9/1200 x 100 % = 15.58 %
 Fraksi III (0-2) = 267.0/1200 x 100 % = 22.25 %

Mengetahui
 Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII



(Signature)
 (Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

NO. SAMPALAN	Ukuran	BERAT (TITRASI) (g)		JUMLAH (%)		SPEKTRAS	
		Tertahan	Lulus	Tertahan	Lulus	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	52.8	52.8	5	95	90	100
5.0	# 4	554.4	607.2	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	184.8	792	75	25	20	30
0.75	# 25	63.4	855.4	81	19	13	25
0.25	# 60	42.2	897.6	85	15	10	20
0.09	#170	47.5	945.1	89.5	10.5	8	13
PAN		110.9	1056	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 5 %
 Kadar Filler = 7 %
 Berat Agregat = $(1200 - (5 \% \times 1200) - (7 \% \times 1200)) = 1056 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $607.2/1200 \times 100 \% = 50.6 \%$
 Fraksi II (2-5) = $184.8/1200 \times 100 \% = 15.4 \%$
 Fraksi III (0-2) = $264.0/1200 \times 100 \% = 22 \%$


ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

NO. SAMPALAN	Ukuran	BERAT (TITRASI) (g)		JUMLAH (%)		SPEKTRAS	
		Tertahan	Lulus	Tertahan	Lulus	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	54.6	54.6	5	95	90	100
5.0	# 4	573.3	627.9	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	191.1	819	75	25	20	30
0.75	# 25	65.5	884.5	81	19	13	25
0.25	#60	43.7	928.2	85	15	10	20
0.09	#170	49.1	977.3	89.5	10.5	8	13
PAN		114.7	1092	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 6 %
 Kadar Filler = 3 %
 Berat Agregat = $(1200 - (6 \% \times 1200) - (3 \% \times 1200)) = 1092 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $627.9/1200 \times 100 \% = 52.33 \%$
 Fraksi II (2-5) = $191.1/1200 \times 100 \% = 15.93 \%$
 Fraksi III (0-2) = $273.0/1200 \times 100 \% = 22.75 \%$

Mengetahui

Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII


 (M. Subarkah, MS)





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran Saringan	BENTUK TERBUKA (%)		Jumlah (%)		SISALAN (%)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	54	54	5	95	90	100
5.0	# 4	567	621	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	189	810	75	25	20	30
0.71	# 25	64.8	874.8	81	19	13	25
0.25	# 60	43.2	918	85	15	10	20
0.09	#170	48.6	966.6	89.5	10.5	8	13
PAN		113.4	1080	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 6 %
 Kadar Filler = 4 %
 Berat Agregat = $(1200 - (6\% \times 1200) - (4\% \times 1200)) = 1080$ gram
 Fraksi I (5-11.2) = $621/1200 \times 100\% = 51.75\%$
 Fraksi II (2-5) = $189/1200 \times 100\% = 15.75\%$
 Fraksi III (0-2) = $270/1200 \times 100\% = 22.5\%$

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran Saringan	BENTUK TERBUKA (%)		Jumlah (%)		SISALAN (%)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	53.4	53.4	5	95	90	100
5.0	# 4	560.7	614.1	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	186.9	801	75	25	20	30
0.71	# 25	64.1	865.1	81	19	13	25
0.25	# 60	42.7	907.8	85	15	10	20
0.09	#170	48.1	955.9	89.5	10.5	8	13
PAN		112.1	1068	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 6 %
 Kadar Filler = 5 %
 Berat Agregat = $(1200 - (6\% \times 1200) - (5\% \times 1200)) = 1068$ gram
 Fraksi I (5-11.2) = $614.1/1200 \times 100\% = 51.18\%$
 Fraksi II (2-5) = $186.9/1200 \times 100\% = 15.58\%$
 Fraksi III (0-2) = $267.0/1200 \times 100\% = 22.25\%$

Mengetahui
 Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII

(fr. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat (gram)		Porsentase (%)		Cumulative (%)	
		Tertahan	Lewat	Tertahan	Lewat	Tertahan	Lewat
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	52.8	52.8	5	95	90	100
5.0	# 4	554.4	607.2	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	184.8	792	75	25	20	30
0.71	# 25	63.4	855.4	81	19	13	25
0.25	# 60	42.2	897.6	85	15	10	20
0.09	#170	47.5	945.1	89.5	10.5	8	13
PAN		110.8	1056	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 6 %
 Kadar Filler = 6 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (6\% \times 1200) - (6\% \times 1200)\} = 1056$ gram
 Fraksi I (5-11.2) = $607.2/1200 \times 100\% = 50.6\%$
 Fraksi II (2-5) = $184.8/1200 \times 100\% = 15.4\%$
 Fraksi III (0-2) = $264.0/1200 \times 100\% = 22\%$

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat (gram)		Porsentase (%)		Cumulative (%)	
		Tertahan	Lewat	Tertahan	Lewat	Tertahan	Lewat
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	52.2	52.2	5	95	90	100
5.0	# 4	548.1	600.3	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	182.7	783	75	25	20	30
0.71	# 25	62.6	845.6	81	19	13	25
0.25	# 60	41.8	887.4	85	15	10	20
0.09	#170	47	934.4	89.5	10.5	8	13
PAN		109.6	1044	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 6 %
 Kadar Filler = 7 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (6\% \times 1200) - (7\% \times 1200)\} = 1044$ gram
 Fraksi I (5-11.2) = $600.3/1200 \times 100\% = 50.03\%$
 Fraksi II (2-5) = $182.7/1200 \times 100\% = 15.23\%$
 Fraksi III (0-2) = $261.0/1200 \times 100\% = 21.75\%$

Mengetahui
 Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII

 (Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 J. Kefauangan KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Sarung	Ukuran	Beban (gram)		Tahan (%)		Kumulatif (%)	
		Uk. Atas	Uk. Bawah	Tahan	Salah	Min.	Max.
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	54	54	5	95	90	100
5.0	# 4	567	621	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	189	810	75	25	20	30
0.71	# 25	64.8	874.8	81	19	13	25
0.25	# 60	43.2	918	85	15	10	20
0.09	# 170	48.6	966.6	89.5	10.5	8	13
PAN		113.4	1080	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 7 %
 Kadar Filler = 3 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (7\% \times 1200) - (3\% \times 1200)\} = 1080 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $621/1200 \times 100\% = 51.75\%$
 Fraksi II (2-5) = $189/1200 \times 100\% = 15.75\%$
 Fraksi III (0-2) = $270/1200 \times 100\% = 22.5\%$

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Sarung	Ukuran	Beban (gram)		Tahan (%)		Kumulatif (%)	
		Uk. Atas	Uk. Bawah	Tahan	Salah	Min.	Max.
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	53.4	53.4	5	95	90	100
5.0	# 4	560.7	614.1	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	186.9	801	75	25	20	30
0.71	# 25	64.1	865.1	81	19	13	25
0.25	# 60	42.7	907.8	85	15	10	20
0.09	# 170	47.9	955.7	89.5	10.5	8	13
PAN		112.1	1068	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 7 %
 Kadar Filler = 4 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (7\% \times 1200) - (4\% \times 1200)\} = 1068 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $614.1/1200 \times 100\% = 51.18\%$
 Fraksi II (2-5) = $186.9/1200 \times 100\% = 15.58\%$
 Fraksi III (0-2) = $266.8/1200 \times 100\% = 22.24\%$



Mengetahui
 Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII

(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 J. Kaliurang KM1 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

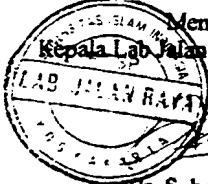
No. Saringan	Ukuran Saringan	Berat (gram)		Porsentase (%)		Kumulatif (%)	
		Tertahan	Melewati	Tertahan	Melewati	Melewati	Tertahan
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	52.8	52.8	5	95	90	100
5.0	# 4	554.4	607.2	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	184.8	792	75	25	20	30
0.71	# 25	63.4	855.4	81	19	13	25
0.25	# 60	42.2	897.6	85	15	10	20
0.09	#170	47.5	945.1	89.5	10.5	8	13
PAN		110.9	1056	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 7 %
 Kadar Filler = 5 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (7 \% \times 1200) - (5 \% \times 1200)\} = 1056 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $607.2/1200 \times 100 \% = 50.6 \%$
 Fraksi II (2-5) = $184.8/1200 \times 100 \% = 15.4 \%$
 Fraksi III (0-2) = $264.0/1200 \times 100 \% = 22 \%$

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran Saringan	Berat (gram)		Porsentase (%)		Kumulatif (%)	
		Tertahan	Melewati	Tertahan	Melewati	Melewati	Tertahan
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	52.2	52.2	5	95	90	100
5.0	# 4	548.1	600.3	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	182.7	783	75	25	20	30
0.71	# 25	62.6	845.6	81	19	13	25
0.25	# 60	41.8	887.4	85	15	10	20
0.09	#170	47	934.4	89.5	10.5	8	13
PAN		109.6	1044	100	0		

Berat Total = 1200 gram
 Kadar Aspal = 7 %
 Kadar Filler = 6 %
 Berat Agregat = $\{1200 - (7 \% \times 1200) - (6 \% \times 1200)\} = 1044 \text{ gram}$
 Fraksi I (5-11.2) = $600.3/1200 \times 100 \% = 50.03 \%$
 Fraksi II (2-5) = $182.7/1200 \times 100 \% = 15.23 \%$
 Fraksi III (0-2) = $261.0/1200 \times 100 \% = 21.75 \%$

Mengetahui
 Kepala Lab. Jalan Raya JTS FTSP UII

 (Ir. Subarkah, MS)

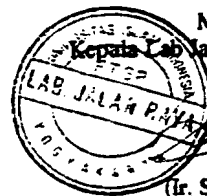


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan	Ukuran	Berat Agregat (g)		Porsentase (%)		Sisihan (%)	
		Ukuran	Ukuran	Ukuran	Ukuran	Ukuran	Ukuran
11.2	7/16	0	0	0	100	100	100
8.0	5/16	51.6	51.6	5	95	90	100
5.0	# 4	541.8	593.4	57.5	42.5	30	55
2.0	# 10	180.6	774	75	25	20	30
0.75	# 20	62	836	81	19	13	25
0.25	# 60	41.2	877.2	85	15	10	20
0.075	# 200	46.4	923.6	89.5	10.5	8	13
PAN		108.4	1032	100	0		

Berat Total = 1200 gram
Kadar Aspal = 7 %
Kadar Filler = 7 %
Berat Agregat = $\{1200 - (7\% \times 1200) - (7\% \times 1200)\} = 1032$ gram
Fraksi I (5-11.2) = $593.4/1200 \times 100\% = 49.45\%$
Fraksi II (2-5) = $180.6/1200 \times 100\% = 15.05\%$
Fraksi III (0-2) = $258.0/1200 \times 100\% = 21.5\%$



Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya JTS FTSP UII

(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

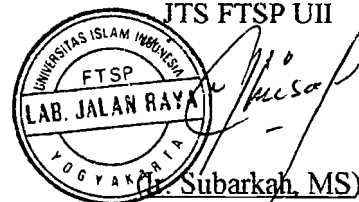
Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : AC 60 - 70 Produksi Pertamina

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

PEMANASAN SAMPel	PEMBACAAN	PEMBACAAN
	SUHU	WAKTU
	DIPERIKSA	
Mulai	25 °C	12. ⁵⁵
Selesai	25 °C	13. ²⁰

NO.	CAWAN	CAWAN	SKET HASIL		
	I	II	PEMERIKSAAN		
1	60	59	X5		
2	62	60			
3	57	64			
4	60	66	X4	X1	X2
5	64	65			
Rata-rata	60,6	62,8			
Rata-rata	61,70		X3		

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
JTS FTSP UII





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA


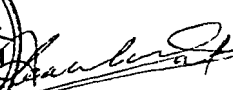
Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : AC 60 - 70 Produksi Pertamina

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

No	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT (gram)
1	Berat piknometer kosong	26,32
2	Berat piknometer + Air	75,49
3	Berat air (2-1)	49,17
4	Berat piknometer + Aspal	28,93
5	Berat aspal (4-1)	2,61
6	Berat piknometer + Aspal + Air	75,61
7	Berat airnya saja (6-4)	46,68
8	Volume Aspal (3-7)	2,49
9	Berat Jenis Aspal (5-8)	1,0482

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
ITS FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Aspal : AC pen 60 - 70 produksi Pertamina

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

No.	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (detik)		TITIK LEMBEK (°C)	
		I	II	I	II
1	5	0	0		
2	10	120	120		
3	15	180	180		
4	20	210	210		
5	25	240	240		
6	30	300	300		
7	35	360	360		
8	40	390	390		
9	45	443	443		
10	50	480	380		
11	55	560	560		
	Suhu (0 °C)			53,4	54
	Suhu rata-rata				53,7

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

CAWAN	TITIK NYALA (°C)	TITIK BAKAR (°C)	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
I	344	356	09.20
II	348	364	10.35
Rata-rata	346	360	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
JTS FTSP UII





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

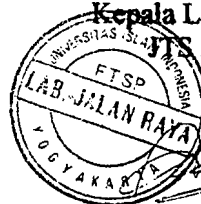
Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : AC 60 - 70 Produksi Pertamina

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY)/RESIDUE

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven 135 °C
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu 25 °C	60 menit	Pembacaan suhu Water Bath 25 °C
Pemeriksaan	Daktilitas pada 25 °C 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat 25 °C

DAKTILITAS pada 25 °C 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat (cm)
Pengamatan I	121
Pengamatan II	121
Rata-rata (I + II)	121

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
FTSP FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 95330 Yogyakarta 55584

Contoh dari : P.T. Perwita Karya
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Agregat : AC 60 - 70 Produksi Pertamina

**PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCI,
(SOLUBILITY)**

Pembukaan Contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	mulai	jam		
PEMERIKSAAN 1. Penimbangan 2. Pelarutan 3. Penyaringan 4. Pengovenan 5. Penimbangan	selesai	jam		
	mulai	jam	08.45	
	mulai	jam	08.50	
	mulai	jam	10.50	
	selesai	jam	10.55	
	mulai	jam	10.55	
	selesai	jam	11.15	
				100 °C

1. Berat botol erlenmeyer kosong	73.49 gram
2. Berat erlenmeyer + aspal	75.70 gram
3. Berat aspal (2 - 1)	2.21 gram
4. Berat kertas saring bersih	0.60 gram
5. Berat kertas saring + endapan	0.72 gram
6. Berat endapan saja (5 - 4)	0.12 gram
7. Persentase endapan ($6/3 \times 100 \%$)	0.05 gram
8. Bitumen yang larut ($100 \% - 7$)	99.45 gram

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya
JTS FTSP UII



(Ir. Subarkah, MS)

KETERANGAN PERHITUNGAN TEST MARSHALL

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering sebelum direndam

n = VITM/rongga terhadap campuran

$$= [100 - (100 \times g/h)]$$

h = BJ maksimum teoritis

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ \text{ aspal}}}$$

d = berat dalam keadaan SSD (gram)

e = berat didalam air (gram)

f = Volume (d - e)

g = berat isi sample (c/f)

l = rongga terhadap agregat (100 - j)

r = Flow (kelelahan plastis)

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ agregat}}$$

k = jumlah kandungan rongga(100 - i - j)

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal sampel (stabilitas)

s = Marshall Quotient (q/r)

m = VFWA/rongga terisi aspal

$$= \left(\frac{i}{1} \times 100.\right)$$

Suhu perawatan : ± 140 °C

Suhu waterbath : 60 °C

BJ aspal : 1,0482 gr/cm³

BJ agregat : 2,5966 gr/cm³

BJ karbid : 1,9838 gr/cm³

Suhu pemadatan : ± 140 °C

$$j = \frac{(100 - b)g}{BJ \text{ agregat}}$$



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM1 144 Phone 895330 Yogyakarta 68554

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Filler Limbah Karbid 3 %

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	67,5	5	4,8	1184,5	1192	663	529	224	2,4180	10,258	82,126	7,617	18	57	7,4	507	1802	1581	2,0
II	67,3	5	4,8	1185,5	1194	656	538	220	2,4180	10,074	80,659	9,266	19	53	9,0	573	2033	1793	2,0
RERATA				1185	1193	659,5	533,5	222		10,166	81,393	8,441	19	55	8,2			1687	2,0

Marshall Quotient (MQ) : $1687/2,0 = 843,5$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	65,9	6	5,7	1185,5	1195	666	529	224	2,3852	12,181	81,350	6,450	19	64	6,1	652	2310	2104	2,3
II	66,7	6	5,7	1184,5	1194	672	522	227	2,3852	12,344	82,439	5,217	18	69	4,8	636	2254	2006	1,5
RERATA				1185	1194,5	669	525,5	226		12,263	81,894	5,843	19	67	5,5			2055	1,9

Marshall Quotient (MQ) : $2055/1,9 = 1081,6$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	64,6	7	6,5	1184	1190	670	520	228	2,3533	14,139	82,110	3,762	18	79	3,1	721	2552	2429	1,8
II	65,0	7	6,5	1183	1185	676	509	232	2,3533	14,387	83,540	2,073	17	85	1,4	624	2212	2067	1,3
RERATA				1183,5	1187,5	673	514,5	230		14,263	82,820	2,918	18	82	2,3			2248	1,6

Marshall Quotient (MQ) : $2248/1,6 = 1405$ kg/mm



PERHITUNGAN TEST MARSHALL
 Filler Limbah Karbid 4 %

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	67,1	5	4,8	1184	1193	658	535	221	2.4180	10,120	81,026	8,854	19	53	8,6	487	1731	1537	1,5
II	66,2	5	4,8	1197,5	1205	679	526	228	2,4180	10,441	83,592	5,967	16	65	5,7	576	2044	1846	1,8
RERATA				1190,8	1200	668,5	530,5	225		10,281	82,309	7,410	18	59	7,2			1692	1,7

Marshall Quotient (MQ) : $1692/1,7 = 995,3 \text{ kg/mm}$

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	66,2	6	5,7	1173	1175	660	515	228	2,3852	12,398	82,802	4,80	17	73	4,4	656	2324	2099	1,5
II	65,3	6	5,7	1186,2	1187	669	518	229	2,3852	12,453	83,165	4,382	17	73	4,0	729	2580	2390	1,5
RERATA				1179,6	1181	664,5	516,5	229		12,426	82,984	4,591	17	73	4,2			2245	1,5

Marshall Quotient (MQ) : $2245/1,5 = 1496,7 \text{ kg/mm}$

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	64,5	7	6,5	1193,5	1200	676	524	228	2,3533	14,139	82,10	3,762	18	79	3,1	681	2412	2306	2,5
II	68,3	7	6,5	1192,5	1196	677	519	230	2,3533	14,263	82,820	2,918	17	84	2,3	599	2124	1827	1,8
RERATA				1193	1198	676,5	521,5	229		14,201	82,460	3,340	18	82	2,7			2067	2,2

Marshall Quotient (MQ) : $2067/2,2 = 939,6 \text{ kg/mm}$



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Filler Limbah Karbid 5 %

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	67,2	5	4,8	1186	1191	650	541	2,19	2,4180	10,029	80,293	9,679	20	50	9,4	586	2079	1838	1,8
II	67,5	5	4,8	187,5	1196	660	536	2,22	2,4180	10,166	81,393	8,441	19	54	8,2	473	1689	1482	2,3
RERATA				1186,8	1193,5	655	538,5	2,21		10,097	80,843	9,060	20	52	8,8			1660	2,1

Marshall Quotient (MQ) : $1660/2,1 = 790,5$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	64,6	6	5,7	1186	1192	664	528	2,25	2,3852	12,235	81,713	6,052	18	68	5,7	619	2194	2088	1,5
II	65,3	6	5,7	1185	1192	669	523	2,27	2,3852	12,344	82,257	5,399	18	69	5,0	635	2250	2111	1,8
RERATA				1185,5	1192	666,5	525,5	2,26		12,263	81,894	5,725	18	69	5,4			2100	1,7

Marshall Quotient (MQ) : $2100/1,7 = 1235,3$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	65,3	7	6,5	1183	1190	672	518	2,28	2,3533	14,139	82,10	3,762	18	79	3,1	603	2138	1980	4,8
II	65,0	7	6,5	1198	1200	674	526	2,28	2,3533	14,139	82,10	3,762	18	79	3,1	509	1809	1687	2,0
RERATA				1190,5	1195	675	522	2,28		14,139	82,10	3,762	18	79	3,1			1834	3,4

Marshall Quotient (MQ) : $1834/3,4 = 539,4$ kg/mm



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
LABORATORIUM JALAN RAYA
 Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

PERHITUNGAN TEST MARSHALL
 Filler Limbah Karbid 6 %

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	68,5	5	4,8	1184	1199	656	543	2,18	2,4180	9,983	79,926	10,091	20	50	9,8	452	1609	1395	2,0
II	68,3	5	4,8	1184	1193	652	541	2,19	2,4180	10,029	80,293	9,679	20	50	9,4	461	1640	1410	2,5
RERATA				1184	1193,5	654	539,5	2,19		10,006	80,109	9,885	20	50	9,6			1403	2,3

Marshall Quotient (MQ) : $1403/2,3 = 610 \text{ kg/mm}$

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	67,0	6	5,7	1180	1187	658	529	2,23	2,3852	12,127	80,986	6,887	19	64	6,5	645	2286	2035	2,5
II	66,6	6	5,7	1181,5	1189	656	533	2,22	2,3852	12,072	80,623	7,305	19	64	6,9	609	2159	1927	2,0
RERATA				1180,8	1188	657	531	2,23		12,099	80,805	7,096	19	64	6,7			1981	2,3

Marshall Quotient (MQ) : $1981/2,3 = 861,3 \text{ kg/mm}$

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	64,9	7	6,5	1180	1187	667	520	2,27	2,3533	14,077	81,740	4,184	18	78	3,5	573	2033	1908	2,0
II	64,0	7	6,5	1182	1192	671	521	2,27	2,3533	14,077	81,740	4,184	18	78	3,5	484	1821	1652	6,4
RERATA				1181	1189,5	669	520,5	2,27		14,077	81,740	4,184	18	78	3,5			1780	4,2

Marshall Quotient (MQ) : $1780/4,2 = 423,8 \text{ kg/mm}$



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

LABORATORIUM JALAN RAYA

Jl. Kaliurang KM 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Filler Limbah Karbid 7 %

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	66,3	5	4,8	1178	1187	637	550	2,14	2,4180	9,80	78,460	11,741	22	45	11,5	477	1696	1527	2,3
II	68,2	5	4,8	1183	1191	641	550	2,15	2,4180	9,845	78,826	11,328	21	47	11,1	292	1048	904	3,1
RERATA				1180,5	1189	639	550	2,15		9,823	78,643	11,535	21	47	11,3			1216	2,7

Marshall Quotient (MQ) : $1216/2,7 = 450,4$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	66,9	6	5,7	1182	1191	656	535	2,21	2,3852	12,018	80,260	7,722	20	60	7,4	490	1742	1555	2,8
II	65,2	6	5,7	1180,5	1188	655	533	2,21	2,3852	12,018	80,260	7,722	20	60	7,4	604	2142	2017	2,3
RERATA				1181,3	1189,5	655,5	534	2,21		12,018	80,260	7,722	20	60	7,4			1786	2,6

Marshall Quotient (MQ) : $1786/2,6 = 686,9$ kg/mm

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	65,5	7	6,5	1183	1193	668	525	2,25	2,3533	13,953	81,019	5,028	19	73	4,4	704	2492	2295	2,3
II	67,8	7	6,5	1198	1200	672	528	2,27	2,3533	14,077	81,740	4,184	18	78	5,5	235	848	739	9,4
RERATA				1190,5	1196,5	670	525,5	2,26		14,015	81,380	4,606	19	76	4,0			1517	5,9

Marshall Quotient (MQ) : $1517/5,9 = 257,1$ kg/mm