

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN PASIR PUTIH
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS
PADA SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) GRADING 0/11
TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN



Disusun Oleh :

ZAMRONI

No. Mhs. : 86 310 079

NIRM : 865014330068

JOKO MARLINDO

No. Mhs. : 94 310 129

NIRM : 940051013114120128

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN PASIR PUTIH SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) GRADING 0/11 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta*

Disusun Oleh :

ZAMRONI

No. Mhs. : 86 310 079

NIRM : 865014330068

JOKO MARLINDO

No. Mhs. : 94 310 129

NIRM : 940051013114120128

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN PASIR PUTIH
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS
PADA SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) GRADING 0/11
TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Bachnas, M.Sc

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 29-12-99

Ir. Subarkah, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 27-12-1999

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar tanpa hambatan yang cukup berarti.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat dalam rangka menempuh jenjang Strata Satu (S - I) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Bapak Ir. H.Bachnas, MSc., selaku dosen pembimbing I dan penguji tugas akhir.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku dosen pembimbing II dan penguji tugas akhir
3. Bapak Ir.Widodo, MSCE, Ph.D, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Tadjuddin BM. Aris, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Segenap staf Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
6. Rekan – rekan seprofesi dan semua pihak yang telah memberi masukan dan saran untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir kami ini masih banyak kekurangan karena terbatasnya kemampuan pengetahuan dan literatur yang kami gunakan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan bagi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan transportasi khususnya di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Akhir kata, harapan kami semoga Tugas Akhir kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Billahittaufiq walhidayah

Wassalaamu 'alaikum Wr. Wb



Yogyakarta, November 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Halaman Persembahan.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Lampiran.....	x
Intisari.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Agregat.....	4
2.2 Aspal.....	7
2.3 Filler.....	9
2.4 Bahan Tambah.....	11
2.5 <i>Split Masti Asphalt (SMA)</i>	16
2.6 Pasir Putih.....	18
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	20
3.2 Karakteristik Perkerasan.....	22
3.2.1 Stabilitas.....	22
3.2.2 Keawetan (Durabilitas).....	23
3.2.3 Kelenturan (Fleksibilitas).....	24
3.2.4 Tahanan Gesek/Kecepatan (Skid Resistance).....	25
3.2.5 Ketahanan Kelelahan (Fatigue Resistance).....	26
3.2.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (Workability).....	26
3.3 Syarat-syarat Kekuatan Struktural.....	26
3.4 Split Mastic Asphalt.....	27
3.4.1 Pengertian Umum.....	27
3.4.2 Spesifikasi Teknik Bina Marga tahun 1992.....	28
3.4.3 Sifat-sifat SMA.....	28
3.5 Bahan Penyusun.....	29
3.5.1 Aspal.....	29
3.5.2 Agregat.....	35
3.5.3 Filler.....	38
3.5.4 Bahan Tambah.....	38
3.6 Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode Marshall.....	40

BAB IV HIPOTESA

BAB V METODE PENELITIAN

5.1 Cara Memperoleh Data.....	44
5.1.1 Pemeriksaan Agregat.....	44
5.1.2 Pengujian Aspal (Bitumen).....	46
5.2 Perencanaan Campuran.....	48
5.2.1 Kadar Aspal Optimum	48
5.2.2 Gradasi Agregat Campuran.....	49
5.2.3 Kadar Serat Selulosa.....	49
5.3 Pengujian Campuran.....	50
5.3.1 Pembuatan Benda Uji.....	50
5.3.2 Peralatan Pengujian	51
5.3.3 Persiapan Pengujian	52
5.3.4 Cara Pengujian	53
5.3.5 Anggapan Dasar	54
5.4 Reduksi Data	54
5.5 Analisis	55

BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian Laboratorium.....	62
6.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan.....	62
6.1.2 Hasil Pengujian Benda Uji.....	63
6.2 Pembahasan.....	65
6.2.1 Tinjauan Terhadap Stabilitas.....	65
6.2.2 Tinjauan Terhadap Flow.....	68
6.2.3 Tinjauan Terhadap Kepadatan (Density).....	70
6.2.4 Tinjauan Terhadap VITM(<i>Void In The Total Mix</i>) ..	71
6.2.5 Tinjauan Terhadap VFWA(<i>Void Filled With</i> <i>Asphalt</i>).....	74
6.2.6 Tinjauan Terhadap MQ (<i>Marshall Quotient</i>).....	76
6.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	77

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan	80
7.2 Saran	82

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul	Halaman
3.1	Persyaratan AC Pen. 60/70 SNI No : 1737. 1989-F.....	34
3.2	Gradasi agregat SMA dengan bahan tambah Serat Selulosa dari Bina Marga.....	36
3.4	Sifat-sifat Serat Selulosa CF-31500.....	39
5.1	Persyaratan Agregat Kasar.....	46
5.2	Persyaratan Agregat Halus.....	46
5.3	Gradasi Agregat Spilt Masti Asphalt dengan Bahan Tambah Serat Selulosa Menurut Bina Marga.....	49
5.3	Koreksi Tebal Benda Uji.....	56
6.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	62
6.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Biasa)	62
6.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Putih)	63
6.4	Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70	63
6.5	Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA dengan Menggunakan Agregat Halus dari Pasir Biasa	64
6.6	Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA dengan Menggunakan Agregat Halus dari Pasir Putih	65
6.7	VMA batuan dalam campuran untuk benda uji	73



 الجامعة الإسلامية

DAFTAR GAMBAR

No	Gambar	Halaman
3.1	Grafik Nilai Stabilitas.....	40
3.2	Grafik Nilai Flow.....	41
3.3	Grafik Nilai VITM.....	41
3.4	Grafik Nilai VFWA.....	42
3.5	Grafik Nilai <i>Marshall Quotient</i>	42
5.1	Bagan Alir Penelitian Laboratorium untuk Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> dengan Agregat Halus Pasir Putih.....	61
6.1	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.....	66
6.2	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow.....	68
6.3	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Density.....	70
6.4	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM.....	71
6.5	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA.....	74
6.6	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Marshall Quotient.....	76
6.7	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran SMA dengan Agregat Halus Pasir Putih.....	78
6.8	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran SMA dengan Agregat Halus Pasir Biasa.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Nama Lampiran
1	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test).Agregat Kasar
2	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test),Agregat Halus Pasir Putih
3	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
4	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
5	Pemeriksaan Berat Jenis Filler (Abu Batu)
6	Pemeriksaan Berat Jenis Filler (Abu Batu Putih)
7	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
8	Sand Equivalent Data (AASHTO T 176-73)
9	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
10	Pemeriksaan Penetrasi Aspal
11	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal
12	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
13	Pemeriksaan Daktilitas (Ductility) /Residu
14	Pemeriksaan Kelarutan dalam CCL4 (Solubility)
15	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 5,5%)
16	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 6,0%)
17	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 6,5%)
18	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 7,0%)
19	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (Kadar Aspal 7,5%)

INTISARI

Bagian lapis keras yang mendapat perhatian khusus adalah lapis permukaan, karena lapis ini akan memberikan keamanan dan kenyamanan selama penggunaan jalan. *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah salah satu jenis lapis keras yang sedang dikembangkan di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi penggunaan pasir putih sebagai pengganti agregat halus pada *Split Mastic Asphalt* grading 0/11 ditambah serat selulosa terhadap karakteristik campuran, yang ditinjau dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), kepadatan/kerapatan (*density*), VITM, VFWA dan *Marshall Quotient*. Hasilnya dibandingkan dengan campuran SMA yang memakai agregat halus pasir biasa.

Bahan yang digunakan adalah berupa agregat kasar, agregat halus dan *filler* (abu batu) hasil stone crusher PT. Perwita Karya, Yogyakarta. Agregat halus pengganti digunakan pasir putih hasil pemecahan batu gunung kapur, yang berasal dari stone crusher di Desa Giri Harjo, Kecamatan Panggang, Gunung Kidul, Yogyakarta. Aspal AC 60-70 dan serat selulosa CF 31500 (eks. PT.Saranaraya Reka Cipta, Jakarta) juga dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; 7,5%, kadar serat selulosa adalah 0,3%, dan kadar aspal optimum yang dicapai adalah 6,25% untuk campuran dengan agregat halus pasir putih dan 6,75% untuk campuran dengan agregat halus pasir biasa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), kepadatan (*density*), VITM dan *Marshall Quotient*, untuk campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih relatif lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa. Sebaliknya nilai VFWA untuk campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih, lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa, sehingga dengan demikian campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih membutuhkan kadar aspal lebih kecil dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa.

Pasir putih dapat menjadi alternatif pengganti agregat halus yang digunakan pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* ditambah serat selulosa, karena dapat memenuhi spesifikasi karakteristik yang disyaratkan oleh Bina Marga.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan pembangunan di berbagai bidang dewasa ini secara langsung menuntut perkembangan pada bidang transportasi. Tuntutan yang demikian menimbulkan suatu motivasi untuk melakukan penelitian-penelitian guna mendapatkan inovasi baru dalam bidang transportasi yang dapat dimanfaatkan.

Sebagai prasarana vital dalam bidang transportasi, jalan raya memerlukan gagasan-gagasan bagi peningkatan mutu dan pelayanan. Selain itu juga dibutuhkan hal-hal baru dalam rangka efisiensi maupun efektivitas pada pelaksanaan perkerasan jalan raya tersebut.

Di Indonesia yang beriklim tropis, pembangunan dan peningkatan jalan raya banyak sekali menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Namun masih sering dijumpai kelemahan-kelemahan berupa kerusakan dini pada permukaan jalan setelah beberapa waktu dilalui lalu lintas. Kerusakan jalan yang merupakan prasarana perhubungan tersebut akan mengakibatkan terganggunya sektor perhubungan yang konsekuensinya akan menghambat perkembangan dibidang ekonomi dan sosial.

Pada kenyataannya jalan raya juga dihadapkan pada banyak tantangan. Selain kendala terhadap kebutuhan yang terus meningkat, juga menghadapi dana

yang terbatas. Maka untuk itu harus dipikirkan suatu cara yang paling efisien dan ekonomis untuk memperoleh hasil yang optimal.

Salah satu gagasan yang dapat menjawab permasalahan di atas adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Yaitu suatu teknologi yang terus dikembangkan saat ini, berupa campuran panas dengan bahan tambah serat selulosa, yang menghasilkan mutu campuran panas yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan dan keausan oleh roda kendaraan, sehingga penggunaannya memberikan prospek tersendiri di Indonesia.

Split Mastic Asphalt (SMA), seperti pada campuran beton lainnya, dipengaruhi pula oleh bahan penyusunnya. Bahan tersebut berupa agregat dan aspal.

Penelitian ini menitikberatkan pada penggunaan agregat alternatif sebagai pengganti agregat halus pada campuran *Split Mastic Asphalt* yang ditambah dengan serat selulosa. Bahan yang digunakan adalah berupa pasir putih hasil pemecahan karang gunung kapur yang banyak terdapat di pegunungan daerah Gunung Kidul Yogyakarta.

Manfaat penelitian ini adalah didapatkannya bahan alternatif agregat halus yang digunakan pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA + S)*.

1.2. Tujuan penelitian

1. Untuk mengevaluasi penggunaan pasir putih sebagai pengganti agregat halus pada suatu campuran SMA+S, terhadap spesifikasi karakteristik yang disyaratkan oleh Bina Marga.(*Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13 PT'B 1983*).

2. Untuk mengetahui kualitas campuran yang menggunakan pasir putih sebagai agregat halus, maka akan dibandingkan dengan campuran yang menggunakan pasir biasa (yang umum digunakan).

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka dilakukan pembatasan dari permasalahan untuk mencapai efektifitas dari penelitian yang dilakukan.

Batasan masalah adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar, halus dan filler yang digunakan adalah hasil stone crusher dari PT Perwita Karya Yogyakarta.
2. Agregat halus dan filler pasir putih adalah hasil pemecahan batu karang gunung di desa Giri Harjo Kecamatan Panggang, Gunung Kidul, Yogyakarta.
3. Gradasi yang dipakai adalah gradasi ideal batas tengah yang mengacu pada spesifikasi gradasi agregat Split Mastic Asphalt oleh Bina Marga.
4. Aspal yang digunakan produksi Pertamina dari PT. Perwita Karya dengan penetrasi 60/70, variasi kadar aspal adalah ; 5.5 % ; 6 % ; 6.5 % ; 7 % ; 7.5 %.
5. Kadar serat selulosa CF-31500 adalah 0,3 % terhadap total campuran.
6. Spesifikasi teknis SMA+S, digunakan dari Bina Marga (Heavy Loaded Road Improvement Project).
7. Tinjauan spesifikasi karakteristik berdasarkan nilai stabilitas, flow, density, VITM, VFWA dan Marshall Quotient (MQ).
8. Penelitian dilakukan tanpa membahas unsur mineral yang terkandung dalam pasir putih.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Agregat

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

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia (Highway Material, Kerb and Walker, 1971)

Agregat untuk suatu campuran perkerasan terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan filler. Agregat kasar dikategorikan sebagai material dengan ukuran ≥ 2 mm, dan agregat halus berukuran ≤ 2 mm, sedangkan untuk filler adalah material paling halus atau yang lolos pada saringan no. 200 (0,074 mm).

Berdasarkan proses pengolahan, agregat yang digunakan pada perkerasan lentur dibedakan menjadi agregat alam, agregat proses pengolahan dan agregat buatan (*Silvia Sukirman, 1992*).

1. Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit pengolahan. Agregat alam terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan adalah kerikil dan pasir. Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel $> \frac{1}{4}$ inci (6,35 mm). Pasir adalah agregat dengan ukuran partikel $< \frac{1}{4}$ inci tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan No. 200)

2. Agregat Proses Pengolahan

Agregat jenis ini diperoleh melalui proses pemecahan. Agregat alam dengan ukuran besar dipecah dengan alat pemecah batu (stone Crusher) untuk mendapatkan ukuran yang sesuai sebelum digunakan pada konstruksi perkerasan jalan. Adapun ciri-ciri agregat hasil pemecahan stone crusher adalah sebagai berikut ini.

- a. Bentuk partikel bersudut.
- b. Permukaan partikel kasar, sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- c. Gradasi dapat disesuaikan dengan yang direncanakan.

Agregat hasil proses pengolahan ini sangat dipengaruhi oleh bahan asalnya. Jika bahan tersebut mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi maka hasil pemecahan batuan tersebut juga mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi.

3. Agregat Buatan (Sintesis)

Agregat buatan adalah agregat yang diperoleh dari hasil olahan atau hasil sampingan pabrik semen, pabrik baja, atau mesin pemecah batu (stone crusher). Agregat ini merupakan mineral filler, yaitu partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm. (Silvia Sukirman, 1992)

Agregat yang akan digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain porositas, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan sebagai berikut :

1. Kekuatan dan keawetan (strength and durability) lapisan perkerasan, yang dipengaruhi oleh :
 - a. gradasi,
 - b. ukuran maksimum partikel agregat,
 - c. kadar lempung,
 - d. kekerasan dan ketahanan,
 - e. bentuk butiran, dan
 - f. tekstur permukaan.

2. Kemampuan dilapisi aspal, yang dipengaruhi oleh :
 - a. porositas,
 - b. kemungkinan basah, dan
 - c. jenis agregat.

3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
 - a. tahanan geser, dan
 - b. campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

2.2. Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat pada temperatur ruang, yang berwarna coklat gelap sampai kehitaman, yang tersusun dari "*Asphaltese dan Maltese*", yang terjadi di alam dan dari penyulingan minyak mentah dari dalam bumi. Asphalt cement (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan khusus, (Kerb and Walker, 1971). Untuk konstruksi perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat

Aspal memberikan ikatan yang kuat terhadap agregat dan terhadap aspal itu sendiri.

2. Bahan pengisi dan

Aspal berfungsi mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori pada agregat tersebut.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan bersifat sebagai berikut :

1. Daya tahan (Durability)

Daya tahan adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat

campuran aspal, tapi tergantung pada sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat, sehingga dihasilkan ikatan campuran yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, maka jika dipanaskan pada temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair. Aspal ini dapat membungkus partikel agregat pada pembuatan beton aspal atau dapat masuk ke pori-pori agregat pada penyemprotan/penyiraman lapis perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat aspal pada tempatnya.

4. Kekerasan aspal.

Aspal pada proses pencampuran, dipanaskan dan dicampur dengan agregat. Agregat dapat dilapisi aspal dengan penyemprotan/penyiraman aspal panas ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Terjadi proses oksidasi selama proses pelaksanaan, menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh

ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. (*Silvia Sukirman, 1992*).

2.3. Filler

Filler didefinisikan sebagai fraksi debu mineral yang lolos saringan no. 200 (0,074), atau 75 μ (*Bituminous Mixtures in Road Construction, Robert N. Hunter, 1994*) yang bisa berupa debu batu, batu kapur, debu dolomit atau semen. Filler merupakan bahan yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan aspal (*Bahan dan Struktur Jalan Raya, Suprpto TM, 1995*). Penggunaan filler dalam campuran beton aspal akan berpengaruh pada karakteristik beton aspal. Pengaruh penggunaan filler pada campuran beton aspal adalah sebagai berikut ini.

1. Pengaruh penggunaan filler terhadap karakteristik campuran aspal filler adalah :
 - a. pengaruh terhadap viskositas campuran. Pengaruh tiap jenis filler terhadap viskositas campuran berbeda-beda. Luas permukaan filler yang semakin besar akan menaikkan viskositas campuran. Adanya daya affinitas (tarik menarik) menyebabkan jumlah aspal yang diserap filler bervariasi. Naiknya viskositas campuran, menyebabkan jumlah aspal yang diserap semakin besar.
 - b. Pengaruh terhadap daktilitas dan penetrasi campuran. Semakin tinggi kadar filler akan menurunkan daktilitas, yang juga terjadi pada berbagai suhu. Naiknya viskositas aspal akibat penggunaan filler akan menurunkan penetrasi aspal, dan

- c. Pengaruh terhadap suhu pemanasan. Penggunaan jenis dan kadar filler akan memberikan pengaruh yang berbeda pada berbagai campuran.
2. Pengaruh penggunaan filler terhadap karakteristik campuran beton aspal.

Kadar filler dalam campuran akan berpengaruh pada proses pencampuran, penggelaran dan pemadatan. Kadar dan jenis filler juga akan berpengaruh pada sifat elastik dan sensitifitas campuran terhadap air.

Manfaat penggunaan filler terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

1. Filler diperlukan untuk meningkatkan kepadatan, kekuatan dan karakteristik lain beton aspal.
2. Filler dapat berfungsi ganda dalam campuran beton aspal yaitu :
 - a. sebagai bagian dari agregat, filler akan mengisi rongga dan menambah bidang kontak antar butir agregat, sehingga akan meningkatkan, dan
 - b. bila bercampur dengan aspal, filler akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi, sehingga mengikat butiran secara kompak.
3. Sifat aspal (daktilitas, viskositas dan penetrasi) diubah secara drastis oleh filler, walaupun kadarnya relatif rendah dibanding pada campuran beton aspal. Penambahan filler pada aspal meningkatkan konsistensi pada aspal.
4. Daktilitas campuran aspal filler akan mencapai nol, pada kadar filler yang umum digunakan pada beton aspal. Sedangkan pada suhu dan kadar filler yang sama, nilai penetrasi campuran aspal filler akan turun sampai $< 1/3$ dari penetrasi semula. (Witezak M.W, 1975).
5. Viskositas aspal filler pada suhu tinggi sangat bervariasi pada kisaran yang lebar, tergantung pada jenis filler dan kadarnya.

Perbedaan ini akan menjadi kecil pada suhu yang lebih rendah. . (Witezak M.W, 1975).

6. Hasil tes menunjukkan ada hubungan antara stabilitas campuran dan kekentalan aspal pada pemadatan campuran dengan kadar pori yang sama.. (Witezak M.W, 1975).
7. Hasil tes menunjukkan bahwa ada hubungan antara viskositas aspal dan usaha pemadatan campuran. Disarankan suhu perlu dinaikkan pada pemadatan campuran dengan filler aspal berkonsistensi tinggi. (Witezak M.W, 1975).
8. Sensitifitas campuran terhadap air pada jenis dan kadar filler yang berbeda menunjukkan variasi yang besar. Sensitifitas terhadap air dapat diturunkan dengan mengurangi kadar filler yang peka terhadap air. (Witezak M.W, 1975).

2.4. Bahan Tambah

Bahan adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran aspal yang berfungsi menstabilkan campuran aspal atau mempertahankan sifat-sifat aspal minyak akibat pengaruh cuaca dan beban lalu lintas selama masa layan jalan (Bahan dan Struktur Jalan Raya, Suprpto TM, 1995).

Dalam konstruksi Split Mastic Asphalt, digunakan bahan tambah berupa serat selulosa yaitu *Custom Fibers 31500*, (CF- 31500), dengan alasan teknis, ekonomis dan mengacu pada kelestarian lingkungan. Serat selulosa juga dikenal sebagai teknologi yang toleran terhadap deviasi pelaksanaan, memberikan tahanan gesek (*skid Resistance*) yang baik serta menaikkan titik leleh aspal, sehingga akan memberikan umur teknis yang lebih panjang.

Serat selulosa CF-31500 untuk campuran ini merupakan hasil pabrikasi yang diimpor dari Amerika Serikat. Distributor di Indonesia adalah PT. Saranaraya Reka Cipta, di Jakarta.

Serat selulosa didapat dari tumbuhan yang bisa menghasilkan protein dan asam amino. Untuk mengambil asam amino pada tumbuhan digunakan cara ekstraksi. Hasil ekstraksi yang berupa larutan protein dan asam amino disuling (destilasi) untuk diambil protein dan asam amino yang murni. Hasil destilasi tersebut kemudian diendapkan, diekstraksi pada keadaan basa ke dalam larutan penggumpal (coagulating) untuk dijadikan serat selulosa, Pada keadaan ini proses pengerasan terjadi.

Sifat fisik yang diinginkan pada serat selulosa merupakan hal yang kompleks. Hal tersebut tergantung pada penggunaan serat selulosa tersebut, yaitu :

1. penekanan penggunaan pada sifat fisis kekuatan serat kering,
2. penekanan penggunaan pada sifat kekuatan serat basah, dan
3. penekanan penggunaan pada elastisitas bahan dan kadar penyerapannya.

Kadar serat selulosa ditentukan berdasarkan persyaratan optimum. Persyaratan optimum ini ditentukan dengan memvariasikan kadar serat selulosa terhadap kadar aspal. Campuran serat selulosa dalam aspal harus dapat memperbaiki mutu aspal sehingga dicapai :

1. titik lembek campuran : $> 60^{\circ} \text{C}$,
2. kelelehan campuran : 0 % (1 jam, 60°C), dan
3. nilai penetrasi : < 40

Kadar serat selulosa dalam spesifikasi Split Mastic Asphalt (SMA) Jerman bervariasi antara 0,3 – 1,5 %. Kadar serat selulosa dalam spesifikasi Bina Marga ditentukan tetap 0,3 % dari berat total campuran. Fungsi serat selulosa dalam menstabilisasi aspal terlihat pada perubahan sifat campuran aspal dan serat selulosa terhadap aspal murni. Perubahan sifat tersebut yaitu kenaikan titik leleh, penurunan penetrasi semu dan penurunan kelelahan. Mekanisme stabilisasi itu secara mikro terjadi melalui dua proses sebagai berikut.

1. Absorpsi aspal oleh serat selulosa.

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

2. Jembatan Hidrogen antara selulosa dengan aspal.

Penjelasan hal di atas adalah sebagai berikut ini.

Secara umum aspal tersusun dari tiga komponen yaitu asphaltenes, resin dan saturated hidrokarbon. Fungsi spesifik masing-masing komponen tersebut adalah :

1. asphaltenes adalah pembentuk body
2. resin membangkitkan sifat adhesif dan lentur (ductile), dan
3. fraksi-fraksi minyak berperan pada sifat viskositas dan flow.

Analisa komponen lanjutan menunjukkan bahwa fraksi resin terdiri dari resin tak jenuh dan asam hidrokarbon tak jenuh. Masing-masing lazim disebut sebagai first acidaffins (A-1), second acidaffins (A-2) dan basa nitrogen (N) dalam

jumlah relatif kecil. Fraksi minyak tersusun dari beberapa campuran senyawa hidrokarbon jenuh.

Salah satu masalah yang muncul pada konstruksi aspal adalah penuaan (*aging*). Penuaan adalah suatu proses yang menyebabkan aspal berkurang/kehilangan sifat adhesif dan daktilitas. Problem ini akan menyebabkan kerusakan dini dan menimbulkan kerugian yang cukup berarti.

Problem tersebut dapat dideteksi dengan menggunakan persamaan parameter komposisi malten (*Persamaan Rosler*). Persamaan Rosler (*Arnold J H, 1965*) adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{(N + A-1)}{(P + A-2)}$$

Dengan :

- f -- naiknya parameter komposisi Malten
($0,4 < f < 1,2$; $f_{ideal} = 0,7 - 0,8$)
- N = basa nitrogen
- A-1 = first acidaffins
- A-2 = second acidaffins
- P = parafitnik

Secara matematis proses penuaan (*aging*) ditandai dengan naiknya parameter komposisi Malten (f). Membesarnya parameter Malten terjadi bila penyebut persamaan tersebut mengecil.

Dibanding unsur Parafitnik (P) maka komponen *second acidaffins* (A-2) mempunyai kestabilan yang lebih rendah. Kesimpulan itu didasarkan pada kenyataan sebagai berikut :

1. Komponen *acidaffins* bersifat tidak jenuh (mempunyai ikatan rangkap), sehingga lebih mudah teroksidasi dan terpolimerisasi. Sedangkan komponen *Parafitnik* adalah hidrokarbon jenuh, sehingga tahan terhadap reaksi oksidasi.

2. Komponen *acidaffins* mempunyai berat molekul yang lebih rendah, sehingga mempunyai kecenderungan untuk menguap lebih besar.

Proses penuaan (*aging*), dengan kata lain dimulai oleh mutasi resine menjadi molekul kecil yang mudah menguap, sehingga menyebabkan penurunan fraksi Malten. Mengingat bahwa fungsi senyawa tersebut adalah sebagai stabilisator koloid aspal, maka proses ini akan mengganggu kestabilan aspal dan menyebabkan aspal menjadi rapuh.

Selulosa dapat menunda proses penuaan (*aging*) melalui mekanisme yaitu, ditinjau dari segi campuran, aspal digolongkan sebagai koloid dari fasa kontinu minyak yang non polar dan fasa diskrit asphaltenes yang polar. Koloid tersebut menjadi stabil oleh adanya pengaruh berbagai macam resine (*A-1*), (*A-2*) dan (*N*), yang bersifat semi polar dan mengelilingi fraksi asphaltenes.

Selulosa bersifat semi polar (lebih kuat dari resine) yang mampu menyerap (ikatan hidrogen), fraksi-fraksi resine tersebut. Hal tersebut mampu memperlambat Proses oksidasi dan polimerisasi. Pilihan (preferensi) pengikatan di antara ketiga fraksi resine dapat ditelusuri melalui probabilitas kinetis berikut ini.

Basa N mempunyai gugus aktif hidroksil sehingga bersifat tidak suka terhadap selulosa yang mempunyai gugus aktif yang sama. *Second acidaffins* (*A-2*) lebih suka terhadap selulosa dibandingkan dengan *first acidaffins* (*A-1*), sebab memiliki berat molekul lebih kecil (mobilitas lebih besar) dan letak gugus berada di ujung molekul. Pilihan pengikatan/penstabilan oleh selulosa terjadi terhadap komponen *second acidaffins* (*A-2*). Pengikatan ini akan mampu

mempertahankan komponen second acidaffins (A-2) lebih lama dalam sistem, sehingga akan mampu menunda proses penuaan (aging). (Arnold J. Hoiberg, 1965)

2.5. Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt adalah suatu campuran panas (Hot Mix) untuk konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran agregat bergradasi terbuka, aspal keras dan bahan tambah. Ada tiga jenis dari Split Mastic Asphalt (*Robert N. Hunter Bituminous Mixtures in Road Construction, 1994*), yaitu sebagai berikut ini.

1. SMA 0/11, dengan ukuran agregat 0 – 11 mm. Umumnya digunakan untuk lapisan wearing course pada jalan baru. Pengaspalan dengan ketebalan 2,5-5 cm.
2. SMA 0/8, dengan ukuran agregat 0 – 8 mm. Umumnya digunakan untuk pelapisan ulang (overlay) pada jalan lama. Pengaspalan dengan ketebalan 2 – 4 cm
3. SMA 0/5, dengan ukuran agregat 0 – 5 mm. Umumnya digunakan sebagai lapis tipis permukaan untuk pemeliharaan dan perbaikan jalan. Pengaspalan dengan ketebalan 1,5 – 3 cm.

Sedangkan yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah SMA 0/11.

Berdasarkan hasil berbagai percobaan dan penerapannya, ternyata Split Mastic Asphalt dapat mengatasi kelemahan pada Laston (Aspal Beton) dan Lataston (HRS) yang umum digunakan di Indonesia. Hal ini disebabkan SMA

menghasilkan mutu campuran panas yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, lendutan dan keausan oleh roda kendaraan.

Gradasi agregat Split Mastic Asphalt terdiri atas campuran agregat kasar $\geq 2\text{mm}$ dengan jumlah fraksi tinggi, yaitu $\geq 75\%$ dari berat total agregat, agregat halus, bahan isian (filler) dan aspal dengan kadar aspal relatif tinggi. Sedangkan bahan tambah (additive) berfungsi sebagai stabilisasi aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak).

Penelitian campuran perkerasan dengan metode campuran *Split Mastic Asphalt* yang pernah dilakukan diantaranya adalah, penggunaan limbah baja (slag) sebagai agregat kasar oleh Marsudi Agus Setyawan, (1997). Penelitian tersebut menghasilkan bahwa limbah baja dari pabrik baja Krakatau Steel, memberikan tingkat kepadatan (*density*) yang lebih baik dan kadar aspal yang lebih sedikit (5,9), dibandingkan dengan menggunakan agregat biasa, sehingga dapat memenuhi persyaratan sebagai agregat untuk campuran SMA berdasarkan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga.

Demikian pula halnya dengan penelitian tentang penggunaan agregat halus Kali Krasak dan agregat halus dari Kali Progo hasil Stone Crusher pada campuran SMA, yang dilakukan oleh Suharjono, (1997). Penelitian ini membandingkan karakteristik dari agregat halus tersebut dalam campuran yang memberikan hasil bahwa kedua jenis pasir tersebut juga memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, dengan campuran yang menggunakan pasir kali Krasak memberikan mutu yang lebih baik dari kali Progo.

2.6. Pasir Putih

Di Indonesia terdapat beberapa batuan karbonat, antara lain batu kapur karang dan batu kapur. Batu kapur dapat dihasilkan kapur untuk bahan bangunan. Sebenarnya, ini terdapat dalam bentuk senyawa karbonat (CaCO_3), yang dapat mengalami rekristalisasi kalsium karbonat yang menyerupai bahan batu/keras (stone material), dimana kalsium karbonatnya dapat berasal dari kimia fisik (anorganik) maupun biokimia (organik) atau kombinasi keduanya. (Ir. Dody Setia Graha, 1987). Batuan ini ada hampir di seluruh kepulauan Indonesia.

Batu kapur merupakan batuan sedimen yang terjadi karena pengendapan. Apabila mengalami proses pemecahan akan berbentuk granular yang mempunyai banyak sudut. (Ir. Dody Setia Graha, 1987).

Pemanfaatan dari batu kapur ini kebanyakan untuk bahan bangunan, diantaranya sebagai bahan dasar semen, kapur (melalui pembakaran), juga sebagai bahan dasar pembuatan keramik. Sedangkan untuk perkerasan jalan, baru dimanfaatkan sebagai perkerasan jalan desa (perkerasan non struktural)

Pada penelitian ini dipakai pasir hasil dari pemecahan batu karang yang berasal dari gunung kapur, yang terdapat di Wonosari Kabupaten Gunung Kidul. Hasil pemecahan tersebut dilakukan penyaringan, yaitu yang lolos saringan No.8 (2.36 mm). Pasir hasil pemecahan batu kapur tersebut berwarna putih, sehingga dinamakan pasir putih.

Penelitian yang menggunakan batu kapur ini pernah dilakukan oleh Asikin E Fasihu (1995), yang memanfaatkan abu batu kapur sebagai filler terhadap beton

aspal. Dari penelitiannya menghasilkan campuran yang membutuhkan kadar aspal lebih sedikit dibanding menggunakan abu batu biasa, dan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar (*Sub grade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar, sehingga tanah tidak menerima tekan yang lebih besar dari daya dukungnya.

Perkerasan terdiri dari beberapa lapis dengan kualitas bahan makin keatas makin baik. Perkerasan dapat dikelompokan menjadi tiga macam, yaitu:

1. perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat agregat,
2. perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan portland cement sebagai bahan ikat agregat, dan
3. perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu kombinasi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Tugas akhir ini hanya membahas perkerasan lentur. Pada umumnya untuk konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), tersusun atas tiga bagian , dengan kualitas bahan semakin ke atas semakin baik. Bagian-bagian tersebut adalah lapis pondasi bawah (*sub base course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Sebelum lapis permukaan terdapat lapis pengikat (*binder course*). Fungsi tiap lapisan tersebut adalah sebagai berikut :

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

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, permukaan galian dan atau timbunan yang dipadatkan. Tanah dasar yang telah dipadatkan merupakan lapisan dasar untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan di atasnya.

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

3.2. Karakteristik Perkerasan

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

Karakteristik perkerasan tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Karakteristik perkerasan dapat ditunjukkan dengan parameter berikut ini.

3.2.1. Stabilitas.

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) permanen, seperti gelombang, alur maupun *bleeding*.

Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan menentukan tingkat stabilitas yang dibutuhkan. Beberapa variabel yang mempunyai hubungan dengan stabilitas antara lain :

1. Gaya gesek (*friction*). Ini tergantung pada permukaan, gradasi dan bentuk agregat, kerapatan campuran serta kualitas aspal.
2. Kohesi, merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan.

Kohesi batuan akan terlihat dari sifat kekerasannya, dan kohesi campuran

tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal dan sifat bantu bahan tambah, dan

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

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

3.2.2. Keawetan (*Durabilitas*)

Durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan temperatur, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Sifat aspal dapat berubah akibat oksidasi dan perubahan campuran yang disebabkan pengaruh air dan cuaca.

Pada umumnya durabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, batuan yang bergradasi terbuka (*open graded*) serta campuran yang tidak permeabilitas pada campuran perkerasan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas *lapis split mastic asphalt* adalah sebagai berikut.

1. Ketebalan selimut aspal (bitumen film thickness)

Selimut aspal yang tebal akan menghasilkan campuran panas yang memiliki durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya kelelahan (*bleeding*) tinggi.

2. Rongga antar campuran yang relatif kecil menyebabkan lapis perkerasan kedap air dan udara tidak dapat masuk dalam campuran. Udara menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh getas.
3. Rongga antar butir yang relatif besar memungkinkan selimut aspal dibuat tebal. Jika rongga antar butir agregat kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar.

Semakin banyak kadar aspal, akan bertambah tebal lapisan aspal yang menyelimuti tiap butir batuan sehingga perkerasan lebih tahan lama, karena aspal akan mengurangi pori-pori yang ada dalam campuran, dimana air dan udara sukar masuk dalam perkerasan. Akan tetapi jika kadar aspal berlebihan dapat menimbulkan bleeding pada perkerasan bila terkena temperatur yang tinggi.

Penggunaan agregat yang memiliki sifat kekerasan tinggi dapat mengurangi gaya pengausan. Pengausan dapat menimbulkan kerusakan berupa terlepasnya agregat, sehingga menimbulkan formasi cekungan yang dapat menampung dan meresapkan air.

3.2.3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

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

Fleksibilitas, dengan kata lain, adalah kemampuan campuran untuk bersesuaian terhadap gerak lapis pondasi dalam jangka panjang, disamping

mempunyai kemampuan untuk melekok-melentur secara berulang tanpa terjadi patahan.

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

3.2.4. Tahanan Gesek/Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan (*skid resistance*) adalah kemampuan lapis permukaan (*surface course*) pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik diwaktu basah maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan roda kendaraan.

Beberapa faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai ketahanan gesek yang tinggi apabila:

1. penggunaan kadar aspal optimum, sehingga tidak terjadi kelebihan aspal yang dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan pada lapis perkerasan,
2. penggunaan agregat kasar,
3. adanya rongga udara yang cukup dalam campuran, sehingga bila terjadi panas/suhu udara naik aspal tidak terdesak keluar ke permukaan jalan, dan
4. ketahanan terhadap kelelahan.

Kadar aspal yang optimum pada agregat yang mempunyai permukaan kasar akan memberikan tahanan gesek/kekesatan yang tinggi. Faktor lain yang juga perlu di perhatikan adalah rongga antar campuran yang relatif besar dan kadar aspal yang rendah akan cepat mengakibatkan kelelahan, jika rongga antar

butir agregat yang relatif besar dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

3.2.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari *Split Mastic Asphalt* dalam menerima beban yang berulang-ulang tanpa terjadinya alur (*rutting*) dan retak.

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

3.2.6. Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)

Maksud dari kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai yang diharapkan (spesifikasi).

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

3.3. Syarat-syarat Kekuatan Struktural

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

1. ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban/muatan lalu lintas ke base course,
2. kedap terhadap air, sehingga air tidak dapat meresap ke lapisan di bawahnya,
3. permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat dengan cepat mengalir,
4. memiliki stabilitas yang cukup dan dapat mendukung beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi, bergelombang atau desakan ke samping.
5. tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas, dan
6. campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah lapuk akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca.

3.4. Split Mastic Asphalt (SMA)

3.4.1. Pengertian umum

Split Mastic Asphalt adalah suatu campuran panas (*hot mix*) untuk konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran agregat bergradasi terbuka, aspal keras dan bahan tambah. Kualitas aspal dan agregat sangat menentukan kualitas lapis perkerasan. Persyaratan untuk mendapatkan lapis permukaan *split mastic asphalt* berkualitas tinggi sebagai berikut :

1. gradasi agregat ideal (batas tengah spesifikasi),
2. kadar aspal optimum,
3. kadar serat selulosa optimum, dan
4. pelaksana aplikasi *split mastic asphalt* di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dan di lapangan dilakukan dengan benar.

Dari ketiga jenis *Split Mastic Asphalt* yang ada yaitu, SMA 0/5, SMA 0/8, dan SMA 0/11, yang dikembangkan di Indonesia adalah SMA 0/11.

3.4.2. Spesifikasi Teknik (Bina Marga) tahun 1992.

- a. Agregat kasar dengan ukuran ≥ 2 mm dengan jumlah fraksi ± 75 %.
- b. Mastic Asphalt : campuran agregat halus, filler, aspal dan bahan tambah akan membentuk lapisan film yang tebal, dan
- c. Menggunakan bahan tambah berupa serat selulosa yang berfungsi memperbaiki sifat- sifat aspal.

3.4.3. Sifat-sifat SMA.

- a. Mampu melayani lalulintas berat :
 - Stabilitas Marshall : > 750 kg.
 - Flow : 2 - 4 mm.
- b. Tahan terhadap oksidasi : lapisan film aspal tebal : $> 10 \mu$.
- c. Tahan terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi.
 - Nilai Stabilitas dinamis : > 1500 lintasan/mm
- d. Kelenturan
 - Koefisien Marshall (Stabilitas / Flow) : 190 – 300 kg/mm.
- e. Tahan terhadap cuaca panas (temperatur tinggi)
- f. Kedap air : Rongga udara : 3 - 5 %
 - Indeks Perendaman : > 75 % (60° C, 48 jam).
- g. Aman untuk lalulintas (kesat).

Nilai kekesatan : $> 0,6 \%$.

h. Tingkat keseragaman campuran yang tinggi :

Kadar aspal, agregat kasar : tinggi

Viskositas : tinggi.

3.5. Bahan Penyusun.

3.5.1. Aspal

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan masing-masing agregat (*Highway Material, Kerb and walker 1971*).

Aspal yang biasa digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Aspal keras, yaitu aspal yang pada temperatur ruang berbentuk padat atau semi padat (*asphalt cement*) dengan penetrasi 60 / 70 yang memenuhi ketentuan SNI No: 1737, 1989-F).
2. Aspal cair, yaitu aspal sebagai lapis perekat (*tack coat*). Aspal cair yang banyak digunakan sebagai lapis perekat adalah RC 250 dengan jumlah 0,15 - 0,351/ mm.

Pemilihan aspal sebagai bahan pengikat pada campuran panas (*hot mix*) harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

1. Kekakuan/kekerasan (*Stiffenes*)

Aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup, setelah berfungsi sebagai bahan jalan.

2. Sifat mudah dikerjakan (*Workability*).

Sifat mudah dikerjakan terutama pada pelaksanaan penggelaran dan pemadatan. Untuk memperoleh lapis perkerasan yang padat. Sifat mudah dikerjakan dapat dicapai dengan pemanasan (*heating*), penambahan pengenceran dan penambahan bahan pengencer.

3. Kuat tarik (*Tensile Strength*) dan adhesi.

Sifat kuat tarik dan adhesi diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap kerusakan, jika :

- a. retak (*cracking*), ditahan oleh kuat tarik,
- b. pengelupasan (*fretting/stripping*), ditahan oleh adhesi, dan
- c. goyah (*raveling*), ditahan oleh kuat tarik dan adhesi.

4. Tahan terhadap cuaca.

Ketahanan terhadap cuaca diperlukan agar perkerasan tetap memiliki tahanan gesek (*skid resistance*).

Sesuai dengan fungsi aspal sebagai lapis permukaan perkerasan jalan , aspal harus dapat mengeras. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan aspal mengeras seiring dengan berjalannya waktu adalah sebagai berikut.

1. Oksidasi (*oxidation*).

Oksigen (O_2) diserap aspal pada suhu rendah yang akan membentuk lapisan tipis yang keras. Jika lapisan tipis ini pecah, maka akan terjadi oksidasi lagi pada lapis yang ada dibawahnya, begitu seterusnya.

Ditinjau dari sifat kimia, peristiwa oksidasi ini akan membentuk komponen baru yang bersifat larut dalam air. Jika bagian ini terkena air dalam

waktu lama, maka bagian yang larut ini akan terbawa air. Akibatnya kadar aspal akan berkurang. Lapis perkerasan tidak dapat bertahan sesuai umur rencana jika sering tergenang air. Hal ini dapat terjadi karena kadar aspal berkurang, yang menyebabkan ikatan menjadi lemah dan sifat rapat air menurun.

2. *Volatilization.*

Volatilization adalah penguapan (evaporasi) bagian-bagian aspal yang memiliki berat molekul kecil. Jika aspal terlalu banyak kehilangan bagian yang memiliki berat molekul kecil, maka aspal akan mengeras seiring berjalannya waktu. Proses *Volatilization* ini dipercepat dengan cara :

- a. pemanasan aspal pada suhu tinggi,
- b. pengadukan aspal pada keadaan panas, dan
- c. pemanasan pada suhu tinggi pada rentang lama.

3. *Polymerization.*

Polymerization adalah penggabungan molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium, bagian labil yang cenderung membentuk molekul yang lebih besar adalah *resins*, yang berubah menjadi *asphaltenese*. Akibat perubahan ini aspal menjadi keras dan mudah mengalami retak-retak.

4. *Thixotrophy.*

Thixotrophy adalah perubahan viskositas aspal, jika aspal tidak mendapatkan tegangan, peristiwa ini berlangsung pada komposisi kimia yang sama. Hal ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan beban pada aspal.

5. *Separation*.

Separation adalah pemisahan *resins* atau *oils* atau *asphaltenese* dari aspalnya. Peristiwa ini dapat terjadi pada waktu berlangsungnya proses pencampuran agregat dan aspal, yaitu saat penyerapan selektif aspal oleh agregat. Jadi jika yang diserap adalah *resins* atau *oil*-nya, aspal yang tertinggal akan mengeras. Sebaliknya apabila yang diserap *asphaltenese*-nya, aspal akan bertambah lunak.

6. *Synerisis*.

Synerisis adalah penampakan noda-noda pada permukaan aspal. Warna noda tidak homogen. Noda ini disebabkan oleh terjadinya pembentukan baru dalam aspal. Struktur baru tersebut ditampakkan pada permukaan aspal. Struktur baru tersebut pada umumnya merupakan bagian dengan berat molekul besar. Bagian ini menyebabkan aspal yang berada pada bagian permukaan menjadi keras.

Aspal yang telah mengeras oleh sebab apapun, kualitasnya sudah menurun. Daya tahan (*durability*), daya ikat (*adhesi*) dan kadar aspal telah menurun. Aspal yang mengeras juga bersifat getas (*brittle*).

Bertambahnya kadar aspal dalam campuran *split mastic asphalt* dengan bahan tambah serat selulosa (SMA+S) akan memperbaiki kemampuan campuran tersebut, hal demikian sangat dikehendaki di Indonesia. Kadar aspal yang tinggi pada campuran gradasi terbuka (*open graded*) pada *split mastic asphalt* menurut Bina Marga memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

1. bertahan lebih lama (aspal tidak cepat menjadi getas dan kurang mengalami oksidasi),
2. lebih fleksibel (lendutan lebih besar pada perkerasan dapat ditoleransi),
3. lebih tahan terhadap kemungkinan retak-retak akibat kelelahan,
4. lebih kedap air, dan
5. lebih mudah mengerjakan dan memadatkan.

Kadar aspal dalam campuran dapat dibagi dalam beberapa keadaan, yaitu :

1. keadaan pertama, aspal hanya sekedar menyelimuti permukaan butir saja, sehingga daya lekat kurang kuat. Bila ada gaya geser maka konstruksi akan mudah terlepas dan menjadi retak-retak,
2. keadaan kedua, selain menyelimuti butir-butir batuan aspal juga masih mempunyai cadangan dan berguna apabila konstruksi terkena gaya geser maka masih ada aspal yang dapat menahannya sehingga susunan butiran tidak akan mudah terlepas satu sama lain,
3. keadaan ketiga, aspal mengisi penuh seluruh rongga-rongga, keadaan ini tidak menguntungkan karena jalan menjadi licin. Hal ini disebabkan karena naiknya sebagian aspal ke permukaan jalan apabila jalan tersebut terkena roda kendaraan atau akibat sinar matahari, dan
4. keadaan keempat, kadar aspal melebihi dari kebutuhan sehingga batuanannya seolah-olah terapung dalam massa aspal. Keadaan ini menyebabkan kedudukan butiran menjadi tidak stabil dan mudah tergeser sehingga apabila ada gaya vertikal maupun gaya horisontal, konstruksi ini akan mudah bergelombang.

Pemakaian aspal yang banyak juga akan mempertinggi *durability*. Tetapi kadar aspal yang berlebihan akan berakibat aspal menjadi pelicin pada suhu tinggi. Untuk itu perlu dicari kadar aspal optimum untuk lapisan keras beton aspal.

Jumlah aspal yang dibutuhkan di dalam campuran, dapat dicari dengan cara sebagai berikut ini.

1. Teori luas permukaan butir dan kekasaran permukaan butir (*surface area*).
2. Metode Marshall.

Pada penelitian ini dipergunakan aspal AC 60/70 dengan persyaratan terlihat pada tabel 3.1, di bawah ini.

Tabel 3.1. Persyaratan AC Pen. 60/70 SNI No: 1737. 1989-F

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

*) Sumber : SNI No: 1737. 1989-F jo SKBI - 2. 426, 1987, DPU.

3.5.2. Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui lebih dahulu sebelum agregat tersebut digunakan untuk bahan dasar konstruksi, karena sifat material ini yang mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat-sifat agregat pada umumnya ditinjau dari :

1. ukuran butiran dan gradasi,
2. kebersihan,
3. kekerasan,
4. bentuk butiran,
5. permukaan butiran,
6. kemampuan menyerap, dan
7. kemampuan mengikat aspal.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan paling kasar diletakkan paling atas dan diakhiri dengan PAN.

Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Gradasi seragam/ terbuka (*uniform open graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.

Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat/baik (*dense/well graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang.

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainasi jelek dan berat volume besar.

3. Gradasi buruk/senjang/celah (*poorly/gap graded*)

Agregat buruk merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua jenis agregat di atas.

Agregat bergradasi buruk yang umumnya digunakan untuk lapis perkerasan lentur adalah gradasi celah (*gap graded*), merupakan agregat dengan satu fraksi hilang.

Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

Adapun gradasi agregat Split Mastic Asphalt dengan bahan tambah serat selulosa adalah gradasi terbuka (*open graded*), dengan prosentase agregat kasar (ukuran ≥ 2 mm) yang tinggi yaitu ± 75 %. Hasil ini menurut acuan dari Bina Marga. Gradasi agregat Split Mastic Asphalt yang digunakan diberikan pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Gradasi agregat SMA dengan bahan tambah serat selulosa dari Bina Marga

No	Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)	Ideal, batas tengah (%)
1	12,70	100	100
2	11,20	90 - 100	95
3	8,00	50 - 75	62,5

Tabel 3.2. (lanjutan)

4	5,00	30 - 50	40
5	2,00	20 - 30	25
6	0,71	13 - 25	19
7	0,25	10 - 20	15
8	0,09	8 - 13	10,5

Sumber : SNI No: 1737. 1989-P. jo. SKBI - 2. 426. 1987. DPU

Persyaratan mutu agregat adalah sebagai berikut:

1. kehilangan berat akibat abrasi mesin Los Angeles (PB.0206-76) maksimal 40%,
2. kelekatan agregat terhadap aspal (PB.0205-76) minimal 95%, dan
3. non plastis.

Secara umum agregat yang digunakan pada campuran aspal beton dibagi menjadi empat fraksi, yaitu:

1. agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No. 4,
2. agregat halus, batuan yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 25,
3. bahan pengisi, bahan yang lolos saringan No. 25 dan tertahan saringan No. 200, dan
4. *filler*, fraksi agregat halus yang lolos saringan No. 200. (Silvia Sukirman,1992).

Pada penelitian ini, khususnya untuk agregat halus akan digunakan pasir putih yang banyak terdapat di beberapa pegunungan di Indonesia. Pasir putih ini adalah pasir yang merupakan material hasil pemecahan batu karang dari gunung kapur.

Untuk penelitian ini akan dilakukan suatu pengujian, dimana pasir tersebut akan dipakai sebagai bahan pengganti agregat halus untuk campuran perkerasan jalan, dan sebagai bahan penelitian diambil sampel pasir putih yang berasal dari pemecahan batu karang (*stone crusher*) yang terdapat di desa Giri Harjo, Kecamatan Panggang, Gunungkidul, Yogyakarta.

3.5.3. *Filler*.

Filler sebagai bagian dari agregat penyusun lapis perkerasan jalan mempunyai peranan penting. Partikel pengisi efektif dalam mereduksi sifat kepekaan campuran perkerasan terhadap perubahan suhu.

Pada gradasi campuran yang kurang material (lolos saringan no. 200 [0,074 mm]) maka perlu diberikan bahan tambahan yang disebut *filler*.

Filler yang digunakan dapat berupa ; abu batu, kapur, debu dolomit atau semen. *Filler* harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1 %). Untuk penelitian ini digunakan abu batu yang merupakan hasil sampingan produksi pemecahan batu (*stone crusher*) dan hasil saringan pasir putih. Bahan ini harus bebas dari gumpalan-gumpalan dan sesuai dengan spesifikasi dari SNI No: 1737.1989-F.jo.SKBI-2.426.1987.DPU. *Filler* dihitung sebagai bagian dari agregat campuran.

3.5.4. Bahan Tambah.

Sebagai bahan tambah di dalam campuran SMA adalah serat selulosa (*cellulose fibre*) dengan kadar berkisar antara 0,2 - 0,3 % terhadap total campuran.

Persyaratan dari Bina Marga yang harus dipenuhi untuk serat selulosa agar dapat digunakan sebagai bahan tambah pada aspal beton campuran panas antara lain:

1. mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering aspal beton campuran panas pada temperatur 160°C - 170°C,
2. dapat dipisahkan atau diekstraksi kembali dari aspal beton campuran panas,
3. tahan terhadap temperatur aspal beton campuran panas sampai 250°C minimum selama waktu pencampuran, dan
4. dengan kadar serat selulosa 0,3% terhadap berat aspal beton campuran panas dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap titik lembek aspal.

Serat selulosa yang dipergunakan pada penelitian ini adalah jenis CF-31500, dan sifat-sifat dari serat selulosa CF-31500 (*custom fibres-31500*) dapat dilihat pada tabel 3.4. di bawah ini.

Tabel 3.4. Sifat-sifat serat selulosa CF-31500

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
1	Warna	-	abu-abu
2	PH	-	7,5 ± 1
3	Kadar air	%	< 6,0
4	Kadar Organik (Serat Selulosa)	%	> 75,0
5	Berat Isi Gembur	gr/lt	> 25,0
6	Panjang serat	mikron	maks 5000
7	Ketahanan Terhadap Asam dan Alkali	-	baik
8	Ketahanan Terhadap Pemanasan Sampai 250° C	-	baik
9	Distribusi Dalam Campuran Kering, 170° C	-	merata
10	Hasil Ekstraksi Serat Selulosa dari Beton Aspal Campuran Panas	%	100,0
11	Titik Lembek Campuran Aspal Minyak Pen. 60/70 dengan Serat Selulosa	°C	≥ 55,0

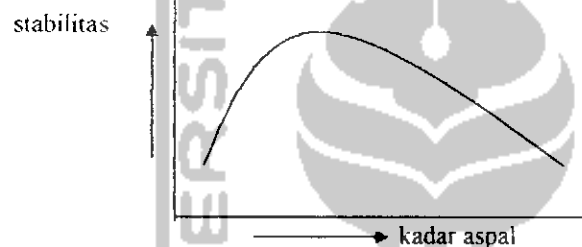
Sumber : PT. Perwita Karya Yogyakarta.

3.6. Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode Marshall

Pemeriksaan campuran aspal dengan metode Marshall bermaksud untuk menentukan nilai di bawah ini.

1. *Stabilitas*

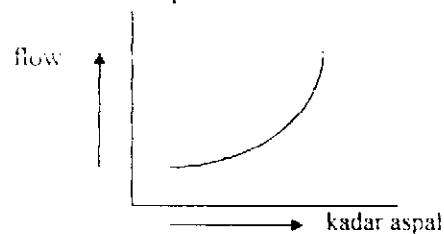
Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum.



Gambar 3.1 Grafik Nilai Stabilitas

2. *Flow*

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah. Diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.

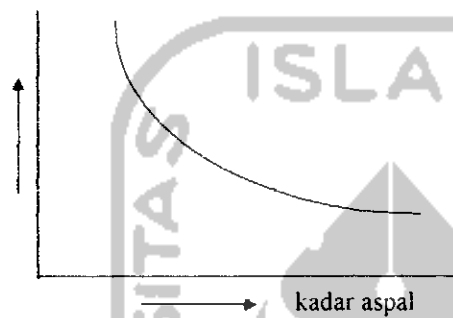


Gambar 3.2 Grafik Nilai Flow

3. VITM (*Void in the Total Mix*)

VITM adalah prosentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur retak (*Silvia Sukirman 1993*).

%rongga terhadap campuran

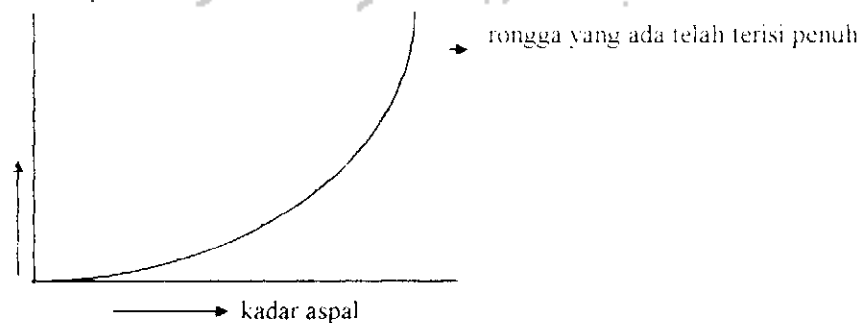


Gambar 3.3. Grafik Nilai VITM

4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah prosentase rongga dalam campuran yang terisi aspal, yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, di mana rongga telah penuh. Artinya apabila rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka prosentase kadar aspal yang mengisi rongga, adalah prosentase kadar aspal maksimum.

%rongga terisi aspal



Gambar 3.4. Grafik nilai VFWA

BAB IV

HIPOTESA

Hipotesa adalah merupakan jawaban sementara dari tujuan suatu penelitian yang akan dilakukan. Untuk itu pada penelitian ini dikemukakan suatu hipotesa sebagai berikut.

Penggunaan pasir putih sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran SMA grading 0/11, dapat memenuhi spesifikasi karakteristik yang disyaratkan untuk perkerasan.

Campuran yang menggunakan pasir putih sebagai agregat halus akan mempunyai kualitas yang sama dengan campuran yang menggunakan pasir biasa sebagai agregat halus.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الرَّحْمَةُ الرَّحِيمِ
الرَّحْمَةُ الرَّحِيمِ

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1 Cara Memperoleh Data

Data diperoleh setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji. Pemeriksaan tersebut meliputi :

5.1.1 Pemeriksaan Agregat

Agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Untuk agregat kasar yang digunakan adalah hasil produksi *stone crusher PT. Perwita Karya Yogyakarta*, dan agregat halus adalah pasir putih yang diambil dari Stone Crusher Giri Harjo, Kec. Panggang, Gunung Kidul Yogyakarta.

Bahan agregat yang digunakan dalam penelitian ini sebelum diuji di laboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas, maka dilakukan suatu pemeriksaan. Pemeriksaan yang dilakukan antara lain.

1. Pemeriksaan keausan agregat.

Ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB 0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antar partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran.

2. Pemeriksaan berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dengan volume agregat. Untuk mendapatkan volume agregat digunakan air suling. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB-0202-76 dengan persyaratan minimum 2,5. Besarnya berat jenis agregat penting untuk diketahui karena perencanaan campuran agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

3. Pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air.

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya penyerapan agregat yang diijinkan mempunyai nilai maksimum 3%. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi daya lekat terhadap agregat.

4. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal.

Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan dan besarnya minimal 95%.

5. Pemeriksaan *sand equivalent*.

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. *Sand equivalent test* dilakukan untuk agregat yang lolos saringan No. 4 sesuai prosedur PB-020-76. Adanya lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat sehingga ikatan antara agregat dengan

aspal berkurang. Juga adanya lempung mengakibatkan luas permukaan yang harus diselimuti aspal bertambah.

Adapun persyaratan-persyaratan tersebut terlihat pada tabel 5.1 dan 5.2. dibawah ini :

Tabel 5.1. Persyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)
1	Keausan agregat (Los Angeles)	$\leq 40\%$
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 50\%$
3	Penyerapan air	$\leq 3\%$
4	Berat jenis semu	$\geq 2,5(\text{gr/cc})$

*) sumber : SNI. No. 1737. 1989-F jo. SKBI-2.426.1987, DPU

Tabel 5.2. Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat *)
1	Nilai Sand Equivalent	$\geq 50\%$
2	Penyerapan Air	$\leq 3\%$
3	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5(\text{gr/cc})$

*) Sumber : SNI. No. 1737. 1989-F jo. SKBI-2 426. 1987. DPU.

5.1.2. Pengujian Aspal (Bitumen)

Pada pengujian ini aspal yang digunakan jenis aspal keras AC 60-70 produksi Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta. Pengujian di laboratorium ini meliputi sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan penetrasi aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Prosedur pemeriksaan adalah PA-0301-76. Besarnya angka penetrasi untuk aspal AC 60-70 adalah antara 60-79.

2. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurang 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal (titik bakar). Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76, dengan besarnya nilai yang diisyaratkan minimum 200°C

3. Pemeriksaan titik lembek *aspal (softening point test)*.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,5 mm seberat 5 gram. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inci (25,4 mm) dari pelat dasar. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dengan nilai yang disyaratkan 48°C sampai dengan 58°C.

4. Pemeriksaan berat jenis aspal.

Perbandingan antara berat dan volume aspal. Dalam penelitian ini mendapatkan volume aspal dipergunakan air suling. Prosedur pemeriksaan

mengikuti PA-0307-76 dengan nilai yang disyaratkan sebesar minimal 1. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

5. Pemeriksaan kelarutan aspal dalam CCl₄.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang larut dalam *carbon tetra chloroid*. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCl₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.

6. Pemeriksaan daktilitas.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus. Prosedur pelaksanaan mengikuti PB 0306-76 atau AASHTO T51-81. Menurut spesifikasi Bina Marga panjang daktilitas aspal yang diijinkan adalah ≥ 100 cm.

5.2. Perencanaan Campuran.

Perencanaan campuran adalah meliputi kegiatan sebagai berikut ini.

5.2.1. Kadar aspal optimum.

Berdasarkan peraturan dan persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. untuk klasifikasi volume lalulintas berat. aspal yang dipergunakan adalah aspal keras (*asphalt cement*) pen 60-70. Persyaratan tersebut memenuhi ketentuan SNI No.1737.1989-f, dan pada penelitian ini dipakai variasi kadar aspal ; 5.5 % ; 6 % ; 6.5 % ; 7 % ; 7.5% dari total berat benda uji.

5.2.2. Gradasi agregat campuran.

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran SMA dengan bahan tambah serat selulosa adalah gradasi terbuka (*open Graded*), dengan prosentase agregat kasar (ukuran ≥ 2 mm) $\geq 75\%$.

Prosentase agregat berdasarkan analisa saringan yang mengacu pada spesifikasi gradasi agregat *Split Mastie Asphalt* oleh Bina Marga, seperti dalam tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.3. Gradasi Agregat Split Mastie Asphalt dengan bahan tambah serat selulosa menurut Bina Marga .

No	Ukuran saringan (mm)	Lolos saringan (%)	Ideal, batas tengah (%)
1	12,70	100	100
2	11,20	90 - 100	95
3	8,00	50 - 75	62,5
4	5,00	30 - 50	40
5	2,00	20 - 30	25
6	0,71	13 - 25	19
7	0,25	10 - 20	15
8	0,09	8 - 13	10,5

Sumber : SNI No.1737.1989/f jo. SKBI - 2.426.1987.DPU.

5.2.3. Kadar serat selulosa optimum.

Serat selulosa yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis CF-31500.

Berdasar spesifikasi Bina Marga, kadar bahan stabilitas (serat selulosa) ditentukan sebesar 0.3 % terhadap berat total campuran.

5.3. Pengujian Campuran.

5.3.3. Pembuatan benda uji

Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu jenis benda uji adalah 1200 gram yang terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan tambah serat selulosa. Jumlah benda uji untuk masing-masing kadar aspal sebanyak 3 (tiga) buah. Jumlah sampel ditambah sampel pembanding (total) adalah $(3 \times 5) = 15$ benda uji.

Tahap pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut ini.

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Agregat-agregat tersebut kemudian disaring secara kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.
3. Proses pencampuran (*mixing*) dilakukan sebagai berikut :
 - a. panci pencampuran dipanaskan beserta gradasi agregat rencana sampai suhu 160°C .
 - b. agregat kering diaduk dengan 0,3% serat selulosa, agar distribusi serat dapat merata pada suhu 150°C .
 - c. aspal AC 60-70 panas ditambahkan (agar mencapai tingkat kekentalan rencana) kecampuran agregat, sesuai dengan takaran pada *mix design*, dan
 - d. campuran diaduk (*wet mixing*) selama 45-50 detik.
4. Proses pemadatan dilakukan sebagai berikut :

- a. perlengkapan cetakan benda uji dan bagian muka penumbuk dibersihkan secara cermat dan dipanaskan pada suhu $93^{\circ}\text{C} - 148,9^{\circ}\text{C}$,
- b. cetakan benda uji ditimbang, tinggi dan diameternya diukur,
- c. letakkan selembat kertas saring/ kertas penghisap, sesuai ukuran cetakan, kedalam dasar cetakan,
- d. seluruh campuran dimasukkan ke cetakan pada suhu 140°C . campuran ditusuk-tusuk dengan keras menggunakan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah,
- e. pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (digunakan untuk lalulintas padat dengan muatan berat) dengan tinggi jatuh 45,7 cm. Palu padat selalu tegak lurus terhadap cetakan selama pemadatan dilakukan,
- f. plat alas dan leher sambungan dilepas kembali dari cetakan benda uji. Cetakan tersebut dibalik, kemudian plat alas dan leher sambung dipasang kembali ke cetakan benda uji yang telah di balik,
- g. penumbukan dilakukan pada permukaan benda uji yang telah dibalik sebanyak 75 kali. Penimbangan dan pengukuran dilakukan kembali setelah plat alas dan leher sambung dilepaskan, dan
- h. benda uji dikeluarkan dengan hati-hati dari cetakan (setelah dingin) dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama ± 24 jam.

5.3.2.Peralatan pengujian

Peralatan yang digunakan antara lain sebagai berikut ini.

1. Sembilan cetakan benda uji lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual maupun elektrik.
3. Alat untuk mengeluarkan benda uji (*ejector*).
4. Alat Marshall lengkap, yaitu :
 - a. kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung,
 - b. cincin penguji (*proving ring*), dan
 - c. arloji pengukur alir (*flow*).
5. Oven.
6. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai suhu 20°C-60°C.
7. Timbangan.
8. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*).
9. Perlengkapan lain-lain, antara lain :
 - a. panci/kuali,
 - b. sendok pengaduk dan *spatula*,
 - c. kompor atau pemanas (*hot plate*),
 - d. kantong plastik, gas elpiji, dan
 - e. sarung tangan asbes dan karet.

5.3.3. Persiapan pengujian

Tahap persiapan pengujian antara sebagai berikut ini.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel, sebelum dilakukan penimbangan.
2. Setiap benda uji diberi tanda pengenal.

3. Tinggi dan diameter benda uji diukur dengan ketelitian 0,1 mm terhadap alat ukur.
4. Benda uji direndam dalam air selama ± 24 jam pada suhu ruang.
5. Benda uji ditimbang pada kondisi didalam air. Tidak boleh ada benda uji lain di bawah benda uji yang sedang ditimbang.
6. Benda uji ditimbang dalam keadaan kering permukaan jenuh.

5.3.4 Cara pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut ini.

1. Benda uji direndam dalam bak perendam (water bath) selama ± 40 menit dengan suhu perendaman 60°C .
2. Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan *vaselin* agar benda uji mudah dilepaskan. Benda uji diletakkan pada alat Marshall segera setelah benda uji dikeluarkan dari *water bath*.
3. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur sehingga menunjukkan angka nol, sementara selubung arloji dipegang kuat terhadap bagian atas kepala penekan.
4. Kecepatan pembebanan dimulai dengan 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pembebanan maksimum yang terjadi pada *flow meter* dibaca pada saat itu.

5.3.5 Anggapan dasar

Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan pasir putih sebagai agregat halus terhadap spesifikasi yang disyaratkan untuk campuran *split mastic asphalt* ditambah serat selulosa. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut bahwa pasir putih jika digunakan sebagai agregat halus untuk campuran SMA+S dapat dimanfaatkan.

Pengujian campuran ini menggunakan uji Marshall. Uji Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Berdasarkan pemeriksaan diperoleh hasil :

1. Stabilitas
2. FLOW
3. VITM (Void in the Total Mix)
4. VFWA (Void Filled With Asphalt), dan
5. Marshall Quotient.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dianggap dalam keadaan standar. Selain itu variasi di dalam pekerjaan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Bahan-bahan untuk penelitian ini, seperti agregat dan aspal dianggap memiliki kualitas yang homogen, seperti pada hasil pengujian bahan.

5.4. Reduksi Data

Reduksi data adalah pembuangan data karena data tersebut tidak dapat dipakai. Reduksi data dilakukan apabila ada data dari hasil pengujian yang menyimpang.

5.5. Analisis

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* guna mengetahui karakteristik campuran sehingga didapat kadar aspal optimum. Data yang akan diperoleh adalah sebagai berikut ini.

1. Tebal benda uji (mm) sebelum direndam/kering (gram).
2. Berat dalam air (gram).
3. Berat dalam keadaan jenuh (gram).
4. Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
5. Pembacaan arloji flow/kelelehan (mm).

Untuk mendapatkan nilai-nilai kepadatan (*density*), rongga dalam campuran (*void in the mix VIM*), rongga terisi aspal (*Void Filled with Asphalt VFA*), diperlukan data lainnya yaitu :

1. berat jenis Aspal,
2. berat jenis Agregat, dan
3. berat jenis maksimum teoritis campuran.

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus dan filler. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

100

$$\text{B.J. agregat} = \frac{100}{(A/F1) + (B/F2) + (C/F3)}$$

Keterangan :

A = Prosentase agregat kasar, F1 = Berat jenis agregat kasar

B = Prosentase agregat halus, F2 = Berat jenis agregat halus

C = Prosentase filler F3 = Berat jenis filler

Data hasil perhitungan diatas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari :

1. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs. atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji (tabel 5.3). Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$S = p \times q$$

Keterangan :

S – Angka stabilitas sesungguhnya

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q – Angka koreksi benda uji

Tabel 5.3. Koreksi tebal benda uji

TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI	TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI
60	1,095	70	0,845
61	1,065	71	0,835
62	1,035	72	0,825
63	1,015	73	0,810
64	0,960	74	0,791

Tabel 5.3. (lanjutan)

65	0,935	75	0,772
66	0,900	76	0,762
67	0,885	77	0,752
68	0,865	78	0,742
69	0,855	79	0,733
70	0,845	80	0,724

Sumber : Laboratorim Jalan Raya Jur. Teknik Sipil, FTSP. UH

2. Kelelehan (*flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung terbaca pada arloji flow saat pengujian Marshall. Nilai flow pada arloji dalam satuan inch, maka harus dikonversi dalam satuan milimeter.

3. Kepadatan (*density*)

Nilai kepadatan (*density*) (BD) dihitung dengan rumus :

$$BD = g = c/f$$

$$f = d - e$$

Keterangan:

BD = g - Nilai kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai ini menunjukkan prosentase rongga campuran yang terisi aspal.

Nilai VFWA dihitung dengan rumus :

$$\text{VFWA} = 100 \times (i/l)$$

$$i = b \times (g/\text{BJ aspal})$$

$$b = \{a/(100 + a)\} \times 100$$

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

$$l = 100 - j$$

Keterangan :

a = Prosentase aspal terhadap batuan (%)

b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

i dan j = Rumus substitusi

l = Prosen rongga terisi aspal (%)

4. VITM (*Void In The Mix*)

Void In The Mix adalah prosentase rongga dalam campuran. Nilainya dihitung dengan rumus :

$$\text{VITM} = 100 \times (100 - g/h)$$

$$h = \frac{100}{[(\% \text{ agregat}/\text{BJ.agregat}) + (\% \text{ aspal}/\text{B.J. aspal})]}$$

Keterangan :

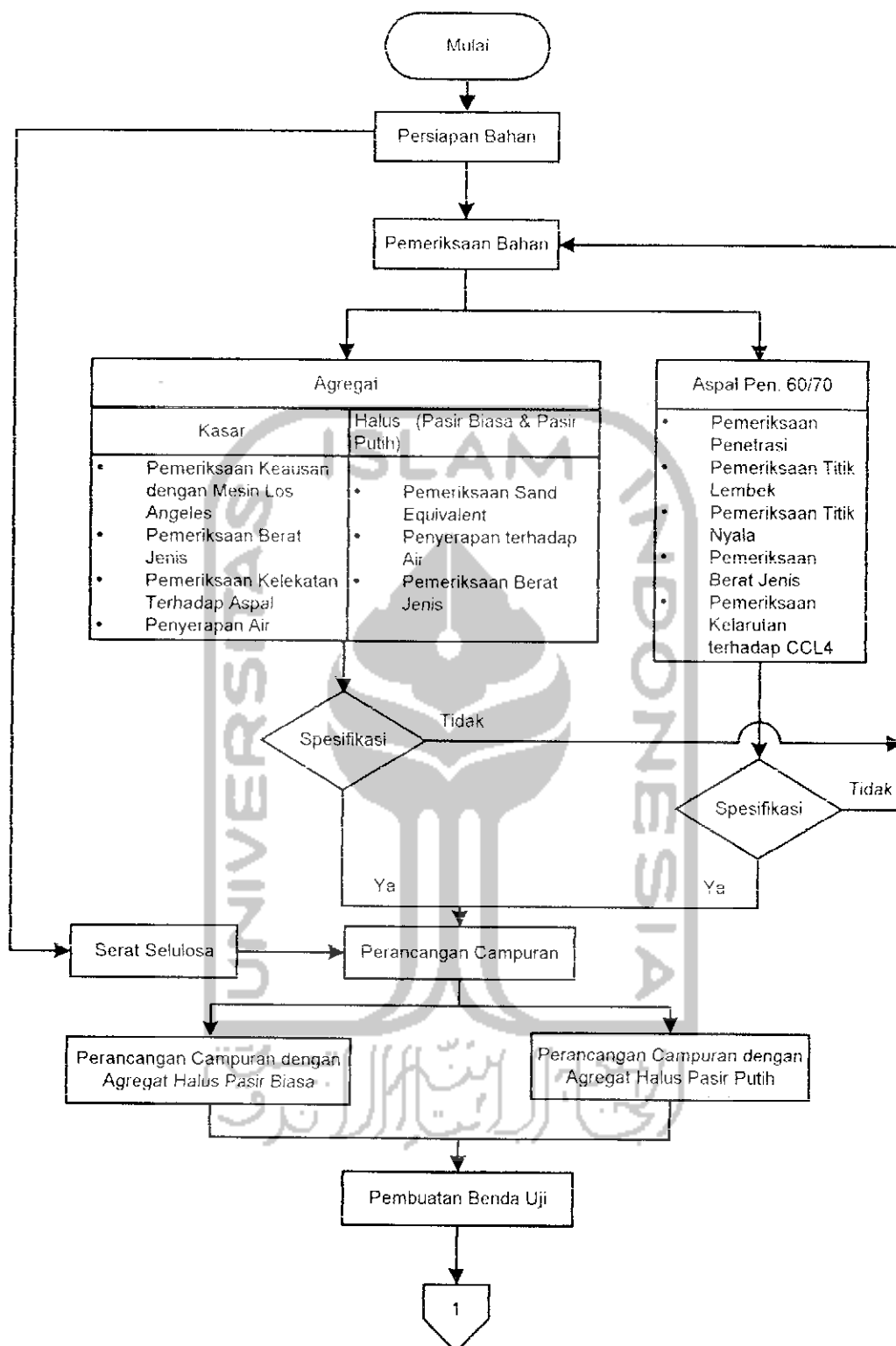
h = Berat jenis maksimum teoritis campuran.

Setelah dilakukan analisis dari pengujian Marshall, dan didapat nilai-nilai karakteristik Marshall, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang disyaratkan dari Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

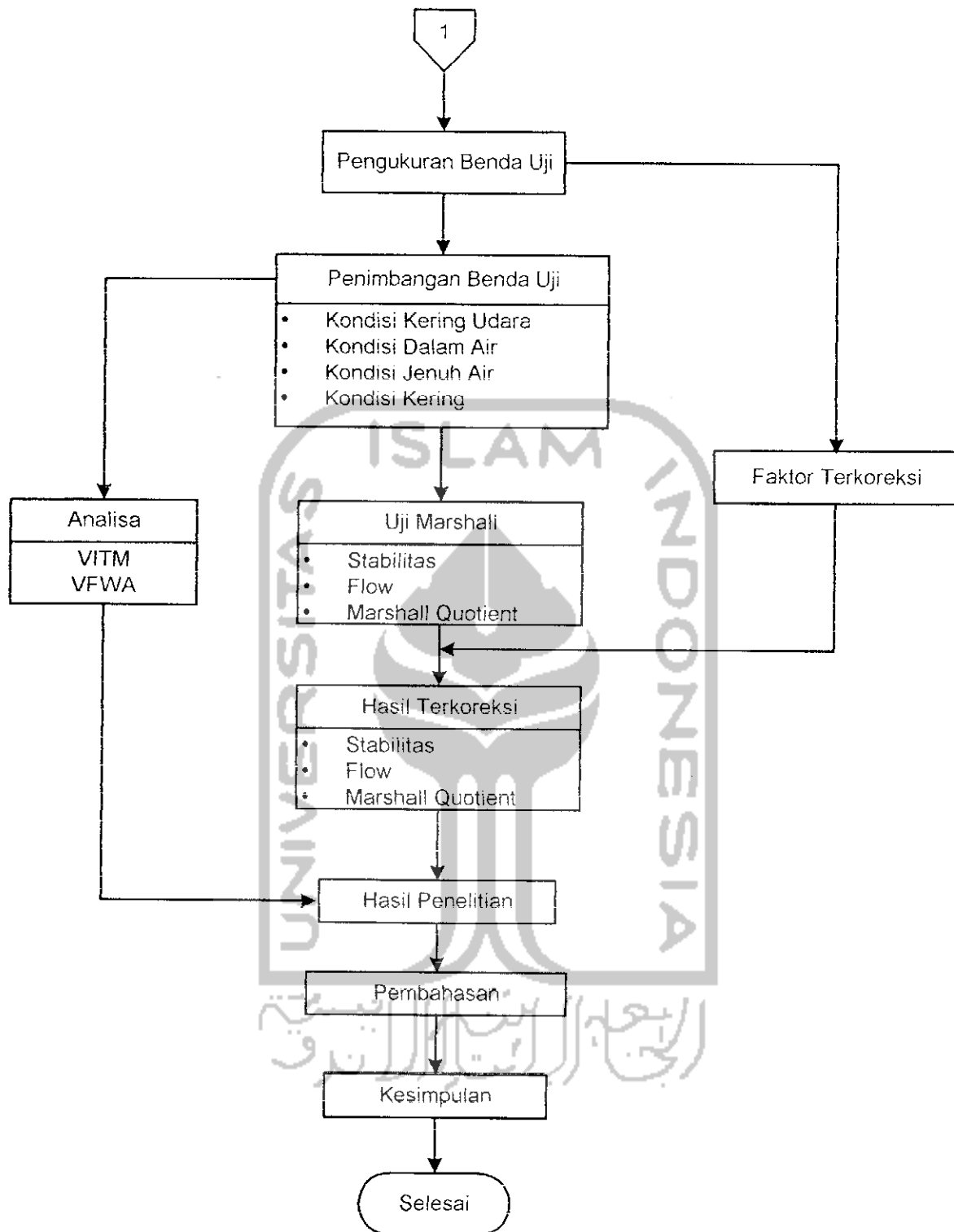
Sebagai pembanding hasil penelitian dibuat juga benda uji dengan spesifikasi gradasi yang sama, tetapi menggunakan pasir biasa sebagai agregat halus untuk campurannya, dan dilakukan pengujian-pengujian seperti pelaksanaan diatas.

Untuk lebih jelasnya rangkaian penelitian ini, dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada gambar 5.1.





Gambar 5.1. Bagan Alir Penelitian Laboratorium untuk Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Serat Selulosa



Gambar 5.1 Bagan Alir Penelitian Laboratorium (Lanjutan)

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil Penelitian Laboratorium

6.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan terhadap bahan-bahan campuran Split Mastie Asphalt diberikan pada Tabel 6.1 s.d 6.4 berikut ini

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan Agregat (Los Angeles) (%)	≤ 40	31.69
2	Kelekatan Terhadap Aspal (%)	≥ 50	100
3	Penyerapan Air (%)	≤ 3	1.89
4	Berat Jenis Semu (gr/cc)	$\geq 2,5$	2.676

Sumber : Hasil Pengujian Pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1,3,9

Tabel 6.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Biasa)

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent (%)	≥ 50	84.845
2	Penyerapan Air (%)	≤ 3	2.459
3	Berat Jenis Semu (gr/cc)	$\geq 2,5$	2,975

Sumber : Hasil Pengujian Pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.8.

Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Putih)

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent (%)	≥ 50	85,106
2	Penyerapan Air (%)	< 3	2,98
3	Berat Jenis Semu (gr/cc)	$\geq 2,5$	2,79

Sumber : Hasil Pengujian Pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4,8.

Tabel 6.4 Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat		Satuan	Hasil
		Min	Maks		
1	Penetrasi (25 ^o C, 5 detik)	60	79	0,1mm	70
2	Titik Lembek	48	58	^o C	50
3	Titik Nyala	200	-	^o C	342
4	Kelarutan dalam CCL ₄	99	-	%Berat	99.004
5	Daktilitas (25 ^o C, 5cm/menit)	100	-	Cm	>165
6	Berat Jenis	!	-	-	1.009

Sumber : Hasil Pengujian Pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7,10,11,13,14.

Selanjutnya pengujian dilanjutkan dengan pemeriksaan Marshall Properties terhadap campuran berdasarkan desain (*Job Mix*) pada material-material tersebut.

6.1.2. Hasil Pengujian Benda Uji

Data hasil pengujian Marshall untuk campuran yang menggunakan agregat halus dari pasir biasa dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Hasil pengujian Marshall untuk Campuran SMA dengan Menggunakan Agregat Halus dari Pasir Biasa

Kadar Aspal	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Quotient
5,5	Pb1	2.246	7.8975	2.29	60.79	1066.6	466.6
	Pb2	2.248	7.8387	2.41	60.98	946.88	392.4
	Pb3	2.279	6.5712	2.29	65.4	1145.7	501.2
	Rata-rata	2.257	7.4358	2.33	62.39	1053.1	453.4
6,0	Pb1	2.263	6.4932	3.05	67.46	1083.5	355.5
	Pb2	2.249	7.0987	2.79	65.32	812.61	290.8
	Pb3	2.255	7.6568	2.79	63.45	1178.3	421.7
	Rata-rata	2.249	7.0829	2.88	65.41	1024.8	356
6,5	Pb1	2.231	7.1276	3.3	66.85	1049.6	317.9
	Pb2	2.229	317.9	3.3	66.53	940.57	284.8
	Pb3	2.241	284.8	3.56	68.13	1088.9	306.2
	Rata-rata	2.234	306.2	3.39	67.17	1026.4	303
7,0	Pb1	2.301	303	3.3	81.97	1134.3	343.5
	Pb2	2.304	3.4052	3.56	82.44	1235.8	347.5
	Pb3	2.303	3.4625	3.3	82.19	1286.6	389.7
	Rata-rata	2.303	3.4599	3.39	82.2	1218.9	360.2
7,5	Pb1	2.308	2.5057	3.56	87.26	1134.3	319
	Pb2	2.305	2.6463	3.81	86.62	1256.2	329.7
	Pb3	2.283	3.5827	3.3	82.57	1174.9	355.8
	Rata-rata	2.299	2.9116	3.56	85.48	1188.4	334.8

Sumber : Hasil Pengujian pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 20, 21.

Data hasil pengujian Marshall untuk campuran yang menggunakan agregat halus dari pasir putih dapat dilihat pada Tabel 6.6 berikut ini.

Tabel 6.6. Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA dengan Menggunakan Agregat Halus Pasir Putih

Kadar Aspal	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas	Marshall Quotient
5,5	Pp1	2.228	5.6129	2.54	68.39	931.12	366.6
	Pp2	2.255	4.4655	3.05	73.35	1506.7	494.3
	Pp3	2.253	4.5467	2.29	72.98	1218.9	533.2
	Rata-rata	2.245	4.875	2.62	71.58	1218.9	464.7
6,0	Pp1	2.254	3.8507	3.05	77.68	914.19	299.9
	Pp2	2.254	3.8197	3.05	77.82	931.12	305.5
	Pp3	2.271	3.1229	2.79	81.22	1107.2	396.3
	Rata-rata	2.26	3.5978	2.96	78.91	984.16	333.9
6,5	Pp1	2.255	3.1009	3.3	82.41	1049.6	317.9
	Pp2	2.263	2.7711	2.54	84.03	1032.7	406.6
	Pp3	2.248	3.4097	2.54	80.94	1168.1	459.9
	Rata-rata	2.255	3.0939	2.79	82.46	1083.5	394.8
7,0	Pp1	2.265	1.9866	3.05	88.78	887.1	291
	Pp2	2.291	0.8776	3.56	94.77	1022.5	287.6
	Pp3	2.281	1.3106	3.05	92.35	988.68	324.4
	Rata-rata	2.279	1.3916	3.22	91.97	966.1	301
7,5	Pp1	2.283	0.5542	4.06	96.84	1154.6	284.1
	Pp2	2.28	0.6629	3.56	96.24	1073.3	301.8
	Pp3	2.274	0.9404	3.56	94.73	887.1	249.5
	Rata-rata	2.279	0.7192	3.73	95.93	1038.3	278.5

Sumber : Hasil Pengujian pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 20, 21.

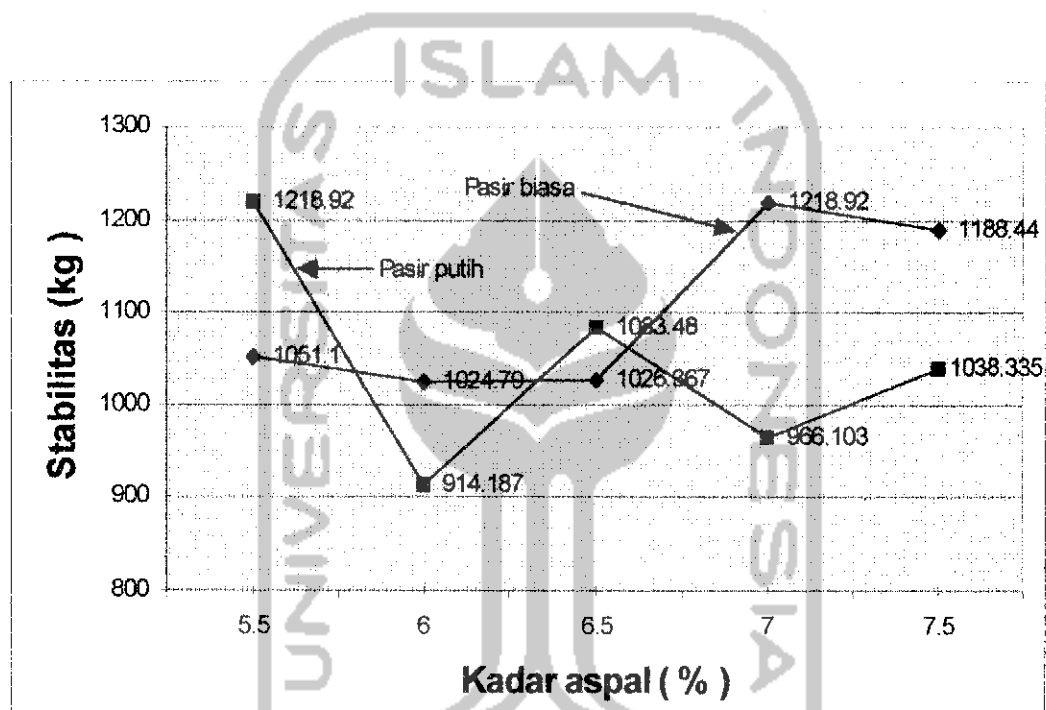
6.2. Pembahasan

6.2.1. Tinjauan Terhadap Stabilitas

Stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Deformasi yang terjadi berbentuk gelombang atau alur.

Stabilitas pada pengujian Marshall adalah kemampuan suatu campuran (*Split Mastic Asphalt*) untuk menerima beban hingga terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilogram (*kg*).

Nilai stabilitas yang dihasilkan penelitian ini terlihat pada Gambar 6.1 di bawah ini.



Gambar 6.1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.

Berdasarkan gambar 6.1. di atas terlihat bahwa nilai stabilitas agak berfluktuasi. Walaupun demikian masih dapat terlihat kecenderungan dengan semakin bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas naik sampai batas tertentu (*optimum*), dan kembali menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih, lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan pasir biasa. Tetapi masih masuk dalam batas karakteristik yang disyaratkan.

(> 750 kg). Nilai optimum stabilitas dicapai pada kadar aspal 6,5 %, yaitu 1083.48 kg. Untuk campuran dengan agregat halus pasir putih, dan 1218.92 kg untuk pasir biasa, yang dicapai pada kadar aspal 7 %.

Seperti diketahui bahwa stabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, bentuk agregat (bulat/ bersudut), kekasaran permukaan agregat, bahan ikat, gradasi dan kelekatan agregat terhadap bahan ikat. Dari faktor-faktor di atas, yang membedakan antara campuran dengan menggunakan pasir putih dan pasir biasa adalah tekstur permukaan agregat. Permukaan agregat halus dari pasir putih lebih halus daripada pasir biasa. Hal ini menyebabkan rongga di antara agregat pada susunan antar butiran menjadi lebih kecil. Dengan demikian permukaan yang harus terlapisi aspal menjadi lebih kecil, sehingga aspal yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.

Tekstur permukaan agregat yang halus juga mempengaruhi kemampuan saling mengunci (interlocking) antar agregat, ikatan aspal pada agregat dan kepadatan (density) campuran. Butiran akan semakin mudah menggelincir seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini menyebabkan mudahnya terjadi deformasi dan bleeding sehingga stabilitas semakin rendah.

Agregat halus (pasir putih) memiliki bentuk tidak beraturan dan memiliki tekstur permukaan agak halus. Tekstur permukaan agregat tersebut akan mengurangi kemampuan gesekan antar agregat.

Nilai stabilitas di atas jika dibandingkan lagi dengan campuran yang menggunakan agregat kasar limbah baja, dengan nilai stabilitas 1607,45 kg, maka

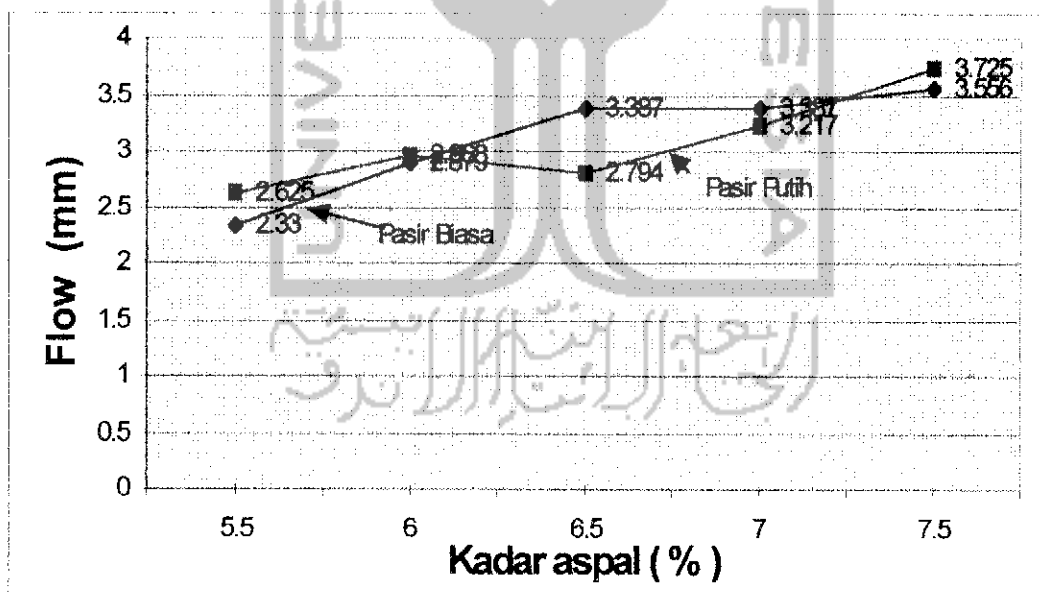
nilai stabilitas untuk campuran dengan agregat halus pasir putih lebih rendah.

(Marsudi A. Setyawan dan M. Setiawan, TA-1997).

6.2.2. Tinjauan Terhadap Flow

Kelelehan (*Flow*) Menunjukkan besarnya deformasi campuran panas benda uji beton aspal akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai yang sangat rendah dan nilai stabilitas Marshall yang tinggi menunjukkan perkerasan tersebut bersifat kaku. Sebaliknya nilai Flow yang menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas.

Nilai Flow hasil penelitian ini terlihat pada Gambar 6.2. berikut ini.



Gambar 6.2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Berdasarkan gambar 6.2. tersebut, terlihat bahwa nilai Flow meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai flow pada campuran dengan

agregat halus pasir putih dapat memenuhi spesifikasi (2 – 4 mm) pada setiap kadar aspal yang diujikan.

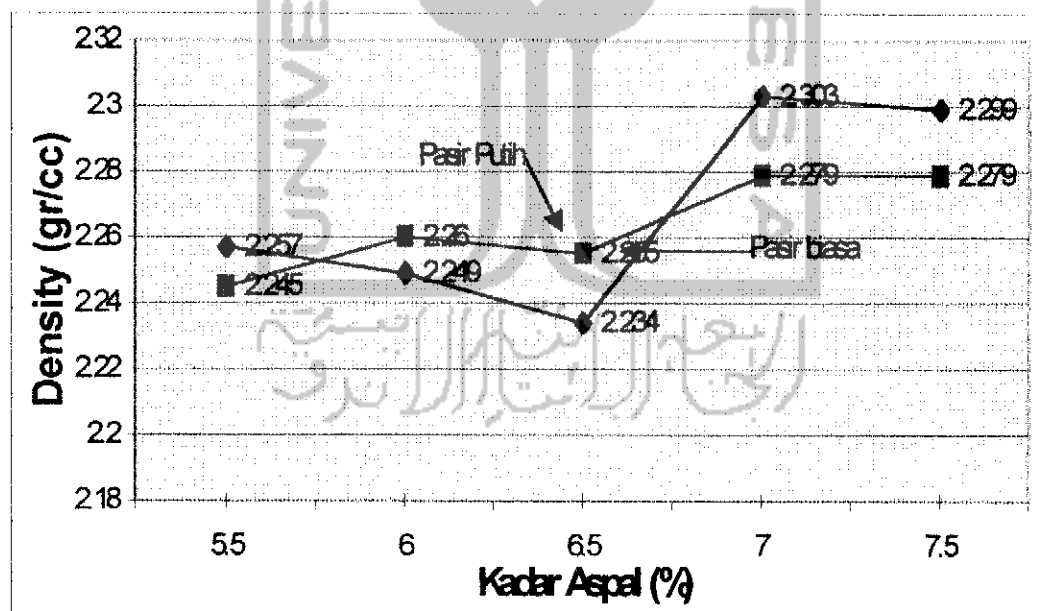
Pembebanan terhadap benda uji menimbulkan tekanan pada susunan agregat. Tekanan pada susunan agregat menyebabkan terjadinya gerakan antar agregat dan menimbulkan deformasi. Gerakan agregat dipengaruhi oleh adanya lapisan aspal yang menyelimuti agregat itu sendiri. Semakin tebal lapisan aspal yang menyelimuti permukaan agregat semakin besar deformasi yang terjadi.

Melihat hasil penelitian tersebut di atas dapat dikatakan bahwa persentase aspal yang digunakan pada campuran relatif lebih kecil, karena dengan persentase tersebut dapat dihasilkan nilai flow yang memenuhi spesifikasi. Dengan kata lain nilai flow yang semakin tinggi, berarti campuran perkerasan bersifat sangat plastis, atau aspal dalam campuran tersebut bukan lagi sebagai bahan ikat, tetapi sebagai bahan pelicin antar butiran agregat. Hal ini akan menyebabkan adanya perubahan bentuk akibat beban lalu lintas. Mengingat tekstur permukaan dari pasir putih juga relatif halus, maka kemungkinan terjadinya deformasi akan lebih besar karena kecilnya tahanan gesek yang terjadi antar butiran agregat. Agar tidak terjadi deformasi agregat dalam campuran, digunakan aspal dengan prosentase yang relatif kecil, yaitu dibawah 7,5 %, sehingga aspal disini benar-benar berfungsi sebagai bahan ikat. Untuk nilai flow dari kedua jenis agregat halus dalam campuran SMA yang di ujikan pada penelitian ini, hasilnya hampir sama. Tetapi jika dibandingkan dengan nilai flow campuran yang menggunakan agregat halus dari Kali Krasak, maka nilainya sedikit lebih rendah. (*Indra L. dan Suhurjono TA-1997*).

6.2.3. Tinjauan terhadap Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran ber-*density* rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatan campuran tersebut. Campuran akan memiliki kepadatan tinggi apabila bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah, kadar aspal cukup untuk menyelimuti permukaan agregat, pemadatan pada suhu tinggi (viskositas rendah) dan cara pengerjaan yang benar.

Nilai *density* yang dihasilkan pada penelitian ini diberikan pada Gambar 6.3 berikut ini.



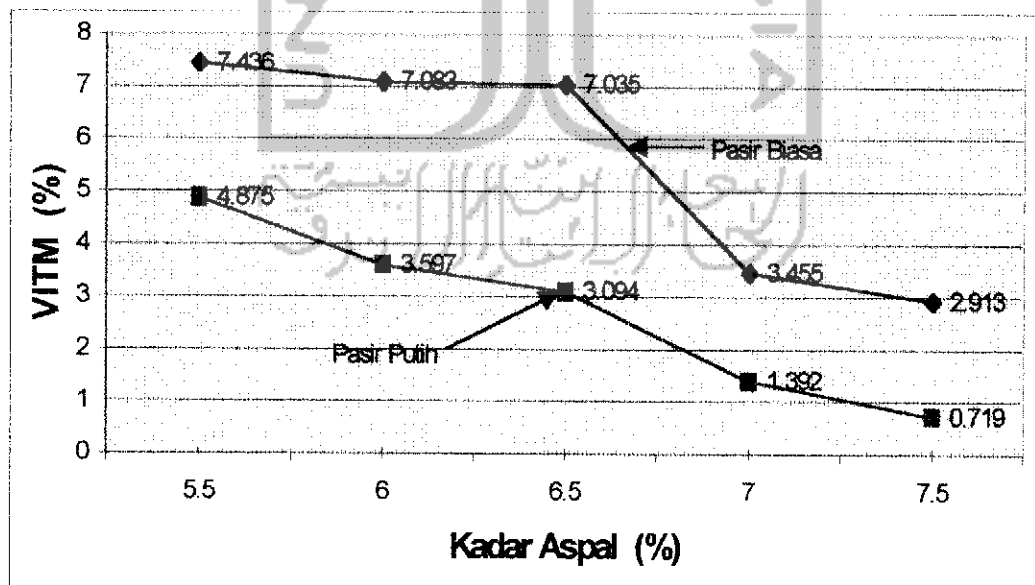
Gambar 6.3. Grafik hubungan kadar aspal dengan density

Berdasarkan gambar 6.3. tersebut terlihat bahwa nilai *density* cenderung meningkat, seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Sampai batas tertentu nilai *density* kembali menurun dengan bertambahnya kadar aspal.

Mengacu pada tabel 6.1, 6.2 dan tabel 6.3. tentang penyerapan air, nilai penyerapan air agregat kasar 1,49 % dan agregat halusnya 2,775 %. Angka ini menunjukkan bahwa porositas agregat, terutama agregat halus dari pasir putih, relatif tinggi, sehingga density campuran menghasilkan nilai lebih rendah dari nilai campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa, karena penyerapannya relatif lebih kecil. (2,459 %). Hasil ini jika dibandingkan dengan nilai density campuran yang menggunakan agregat kasar dari limbah baja, juga relatif lebih rendah, karena penyerapannya juga relatif lebih kecil. (Marsudi A. Setyawan dan Maman Setiawan, TA. 1997)

6.2.4. Tinjauan Terhadap VITM (*Void In The Mix*)

Volume rongga dalam campuran (*VITM*) dinyatakan dalam prosen rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.4 berikut ini :



Gambar 6.4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VITM

Dari gambar 6.4. di atas terlihat bahwa nilai VITM terus berkurang dengan bertambahnya kadar aspal. Prosentase rongga yang disyaratkan adalah 3– 5 %. Lapis keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3 %, akan mudah terjadi bleeding. Dengan tingginya temperatur perkerasan, aspal akan mencair dan pada saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM lebih besar dari 5 %, menunjukkan bahwa banyak terjadi rongga dalam campuran. Dari grafik terlihat bahwa nilai VITM yang masuk spesifikasi untuk campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih, hanya pada kadar aspal dibawah 6,5 %, dan di bawah 7,5 % untuk campuran yang menggunakan pasir biasa, dari variasi kadar aspal yang dilakukan dalam pengujian.

Mengacu pada tabel 6.3. tentang penyerapan air, terdapat penyerapan air untuk pasir putih relatif tinggi. (2,775 %). Tetapi pada kenyataannya menghasilkan nilai VITM lebih rendah. Hal ini jika ditinjau dari sifat-sifat penyerapan oleh batuan, maka secara umum batuan mempunyai batas-batas dimana lapisan yang kedap air (biasanya daerah dekat pusat berat batuan), lapisan yang dapat ditembus oleh air (lapisan agak lebih keluar dari pusat berat), dan lapisan yang hanya ditembus oleh aspal (lapisan yang paling luar). Porositas yang demikian biasanya disebut dengan Voids in the Mineral Aggregate (VMA). (*Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other hot-mix types. The Asphalt Institute series NO. 2 four edition, 1974*). Nilai VMA untuk kedua agregat tersebut dapat dilihat pada tabel 6.6 berikut ini.

Tabel 6.7. VMA batuan dalam campuran untuk benda uji.

Kadar aspal	5,5 %	6,0 %	6,5 %	7,0 %	7,5 %
Jenis agregat					
VMA. Pasir Putih (%)	17,114	17,034	17,624	17,203	17,658
VMA. Pasir Biasa (%)	19,74	20,458	21,424	19,434	19,999

Sumber : Pengujian Pada Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 20, 21.

Dari tabel 6.7. terlihat bahwa VMA untuk pasir putih lebih kecil daripada pasir biasa. Dengan kecilnya VMA maka aspal yang meresap dalam batuan itu menjadi lebih sedikit. Hal ini yang menunjukkan bahwa penyerapan agregat untuk pasir putih lebih kecil daripada pasir biasa. Kenyataan itu yang mengakibatkan aspal lebih banyak berada di antara rongga batuan dalam campuran, sehingga persentase rongga dalam batuan menjadi lebih kecil, yang kemudian ditunjukkan dengan rendahnya nilai VITM. Hasilnya dapat terlihat pada gambar 6.4, yang menunjukkan nilai VITM untuk pasir putih selalu lebih kecil dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat pasir biasa pada kadar aspal yang sama.

Volume filler juga mempengaruhi persentase rongga dalam campuran. Filler yang digunakan untuk campuran dengan agregat halus pasir putih adalah hasil saringan dari pasir putih tersebut, yang mempunyai berat jenis (1,12) jauh lebih kecil dari pada filler dari abu batu (2,207). Dengan berat jenis yang lebih kecil tersebut akan menyebabkan volume filler dalam campuran semakin besar. Hal ini akan menyebabkan rongga dalam campuran semakin kecil karena telah terisi oleh filler. Dengan demikian rongga yang akan terisi oleh aspal akan

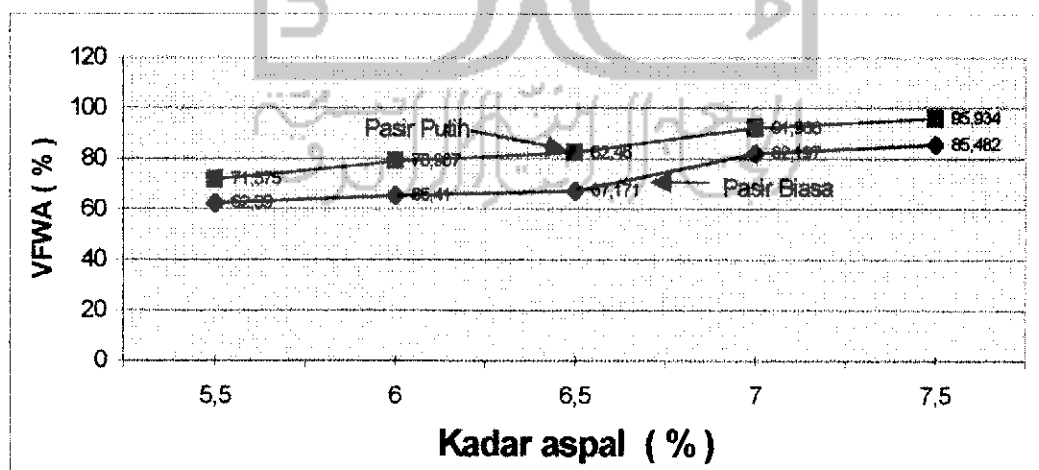
menjadi lebih kecil, sehingga akhirnya kebutuhan aspal untuk campuran juga menjadi lebih kecil.

Nilai VITM untuk campuran yang menggunakan agregat halus dari pasir putih ini, jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus dari Kali Krasak, juga menunjukkan nilai yang rendah. (Indra L. dan Suharjono, TA- 1997).

6.2.5. Tinjauan Terhadap VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga yang terisi aspal. Nilai VFWA menentukan keawetan suatu perkerasan. Nilai VFWA dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal terlalu banyak maka rongga udara yang tersisa semakin kecil.

Nilai VFWA yang dihasilkan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 6.5 dibawah ini.



Gambar 6.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA

Berdasarkan gambar 6.5. di atas terlihat bahwa nilai VFWA meningkat seiring dengan naiknya kadar aspal dalam campuran. Karena bertambahnya kadar aspal menyebabkan rongga antar agregat semakin terisi oleh aspal.

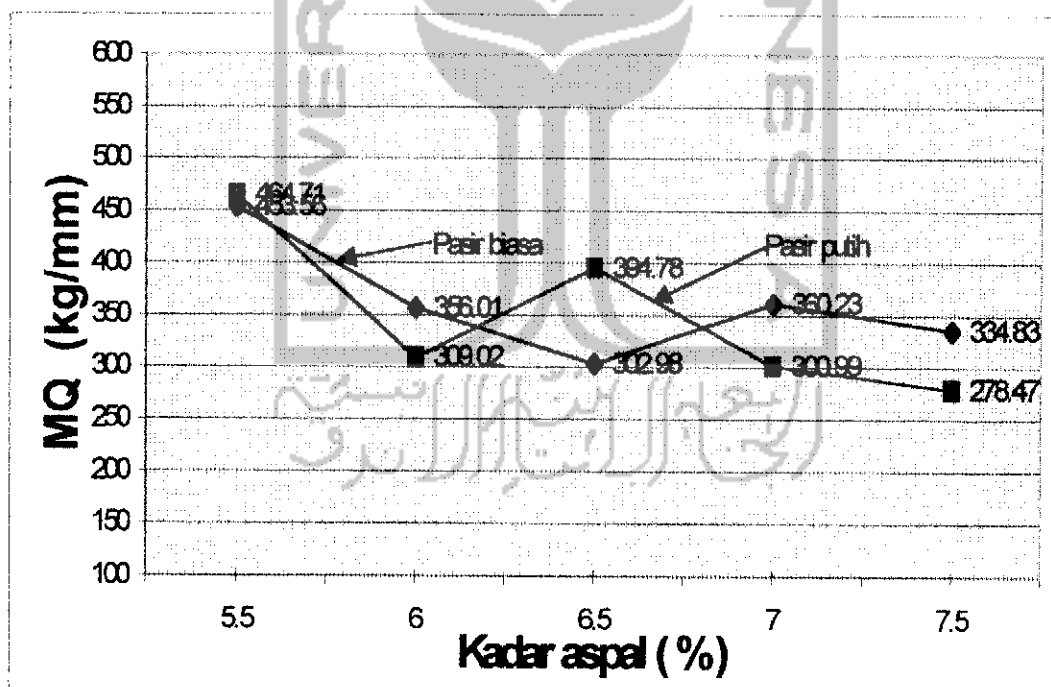
Nilai VFWA pada campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih, lebih tinggi daripada campuran yang menggunakan pasir biasa. Nilai rata-rata VFWA dengan agregat halus pasir putih adalah 78,907%.(syarat VFWA : >75 %). Nilai tersebut dicapai pada kadar aspal diatas 6 %, sedangkan campuran yang menggunakan pasir biasa, nilainya dicapai pada kadar aspal 6,9 % (*hasil Interpolasi*). Hal ini dapat terjadi karena rongga yang tersedia dalam campuran relatif kecil , sebab telah terisi oleh filler (volume filler lebih besar karena berat jenisnya kecil). Disamping itu juga disebabkan oleh penyerapan agregat halus dari pasir putih yang relatif lebih kecil karena memiliki VMA lebih kecil (lihat tabel 6.6. dan pembahasan pada VITM), sehingga aspal lebih banyak berada dalam rongga campuran daripada yang meresap dalam agregat. Akibatnya rongga yang tersedia dalam campuran akan semakin dipenuhi oleh aspal, sehingga persentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal menjadi lebih tinggi.

Nilai VFWA berhubungan erat dengan nilai VITM. Dengan bertambahnya kadar aspal pada campuran seperti pada bagian 6.2.4, tinjauan terhadap VITM menunjukkan nilai yang menurun. Sebaliknya dengan bertambahnya kadar aspal pada campuran , nilai VFWA semakin naik. Hal tersebut juga terlihat pada campuran yang menggunakan pasir biasa dari kali Krasak . (*Indra L. dan Suharjono, TA-1997*).

6.2.6. Tinjauan Terhadap MQ (*Marshall Quotient*).

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan kelelehan (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas tinggi yang disertai dengan *flow* rendah akan menghasilkan campuran yang kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelehan (*flow*) yang tinggi menjadikan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan akan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas.

Nilai Marshall Quotient yang dihasilkan penelitian ditunjukkan dalam Gambar 6.6. berikut ini.



Gambar 6.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Marshall Quotient.

Berdasarkan gambar 6.6. terlihat bahwa nilai Marshall Quotient menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai Marshall Quotient berdasarkan spesifikasi teknik SMA dari *Heavy Loaded Road Improvement Project (Bina*

Marga) adalah 190 – 300 kg/mm. Sedangkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih pada kadar aspal optimum memiliki nilai 330.46 kg/mm.

Tingginya nilai Marshall Quotient yang dicapai pada penelitian ini (>300 kg/mm) dipengaruhi oleh nilai stabilitas yang dicapai, yaitu antara 914,187 – 1218,92 kg. Nilai tersebut memang lebih besar dari 750 kg, sebagaimana nilai stabilitas yang disyaratkan. Sedangkan nilai kelelahan (*flow*) yang disyaratkan berada antara 2 – 4 mm. Dengan kata lain campuran tersebut juga memiliki nilai kekakuan yang cukup tinggi.

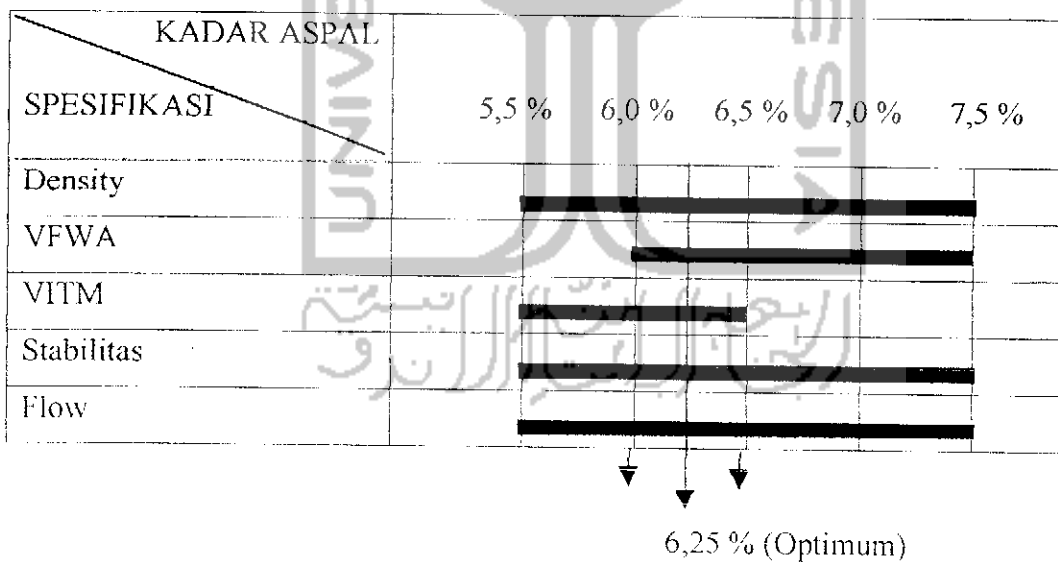
Nilai Marshall Quotient (MQ) campuran dari kadar aspal optimum cenderung naik sampai batas tertentu, dan kembali turun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Walaupun demikian, nilai MQ untuk campuran dengan pasir putih terlihat lebih rendah dibanding dengan campuran dengan pasir biasa. Hal ini dikarenakan nilai stabilitas dari campuran dengan pasir putih lebih rendah dari campuran dengan pasir biasa, sementara nilai flow relatif hampir sama.

Nilai Marshall Quotient campuran yang menggunakan pasir putih sebagai agregat halus juga mempunyai nilai yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir Kali Krasak. (*Indra L. dan Suharjono, TA-1997*).

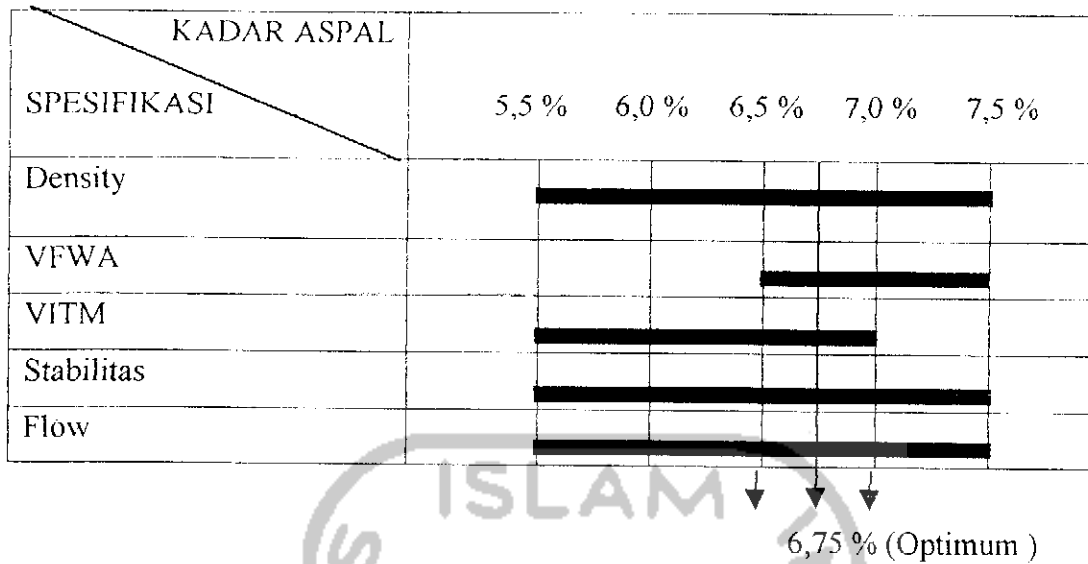
6.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan density, VITM, Flow, VFWA dan stabilitas.

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran menggunakan metode dari Bina Marga. Nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara sebagai berikut ini. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai density, VITM (3% - 5%), flow (2mm – 4mm), VFWA (>75%) dan Stabilitas (>750 kg) di plotkan pada tabel spesifikasi-kadar aspal. Nilai-nilai tersebut diambil dari grafik pada gambar 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 dan 6.5. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada tabel spesifikasi-kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel tersebut. Nilai tengah di antara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum untuk campuran dengan agregat halus pasir biasa adalah 6,75 %, dan campuran dengan agregat halus pasir putih adalah 6,25 %. Grafik penentuan kadar aspal optimum yang dihasilkan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 6.7 dan 6.8 berikut ini.



Gambar 6.7. Kadar aspal optimum untuk campuran SMA dengan agregat halus pasir putih



Gambar 6.8. Grafik Kadar Aspal Optimum Campuran SMA dengan agregat Halus Pasir biasa

Berdasarkan gambar 6.7 dan 6.8 di atas terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran yang menggunakan agregat halus pasir putih dicapai pada kadar aspal 6,25 %, Lebih sedikit dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa, yang dicapai pada kadar aspal 6,75 %. Kadar aspal yang telah dicapai pada penelitian ini adalah kadar aspal terhadap campuran total, sehingga kadar aspal optimum ini merupakan kadar aspal desain pada campuran panas.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran SMA + S dengan agregat halus menggunakan pasir putih maka didapat kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Nilai kelekatan terhadap aspal, penyerapan air dan berat jenis yang dimiliki oleh pasir putih, secara umum memiliki nilai lebih rendah dari pada campuran yang menggunakan agregat halus dari pasir biasa. Tetapi masih masuk dalam spesifikasi yang disyaratkan.
2. Kepadatan campuran (density) dengan agregat halus menggunakan pasir putih menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan pasir biasa.
3. Persentase rongga yang dihasilkan pada campuran hanya terpenuhi pada kadar aspal 5,5 %, 6 % dan 6,5 %, dengan masing-masing nilai 4,875 %, 3,597 % dan 3,094 %. (spesifikasi Bina Marga 3 - 5 %). Sementara itu untuk kadar aspal 7 % dan 7,5 % persentase rongga yang dihasilkan berada dibawah batas spesifikasi. Hal ini disebabkan agregat halus yang menggunakan pasir putih mempunyai permukaan yang lebih halus dibandingkan pasir biasa, dan relatif kurang dapat menyerap aspal dibanding pasir biasa.

4. Persentase rongga yang terisi aspal seluruhnya dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga ($> 75\%$) untuk masing-masing kadar aspal. Hal tersebut disebabkan kadar aspal yang diujikan cukup tinggi, penyerapan agregat halus dari pasir putih terhadap aspal relatif kurang dan permukaannya agak halus, sehingga rongga yang terisi aspal lebih banyak.
5. Stabilitas dari benda uji yang menggunakan agregat halus pasir putih seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga (>750 kg), dengan nilai flow 2,65mm – 3,725mm, (batas flow 2 – 4 mm). Hal ini menunjukkan bahwa pasir putih memenuhi syarat sebagai agregat halus.
6. Nilai Marshall Quotient yang didapat pada penelitian ini mencapai nilai diatas spesifikasi Bina Marga (300 kg/mm).Hal ini disebabkan oleh nilai stabilitas lebih tinggi daripada yang disyaratkan dengan batas nilai flow 2 – 4 mm, sehingga campuran perkerasan ini relatif lebih kaku.
7. Void in the Mineral Aggregate (VMA) untuk pasir putih lebih kecil dibanding pasir biasa,maka penggunaan kadar aspal design juga lebih sedikit, (6,25 % , optimum),dibanding dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir biasa yang mencapai optimum pada kadar aspal 6,75 %.
8. Pasir putih dapat digunakan sebagai alternatif agregat halus pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA) karena terbukti dapat memenuhi spesifikasi karakteristik dari Bina Marga, dengan demikian hipotesa untuk persyaratan karakteristik diterima.
9. Kualitas campuran dengan agregat halus pasir putih berada dibawah campuran dengan agregat pasir biasa,walaupun kebutuhan aspal (kadar aspal optimum)

lebih lebih kecil. Untuk itu hipotesa untuk kualitas campuran ditolak, karena hasil yang diharapkan melalui pengujian tidak sama.

7.2. Saran-saran

Berdasarkan hasil pada penelitian mengenai penggunaan material pasir putih sebagai agregat halus pada campuran Split Mastic Asphalt ditambah serat selulosa ini, maka ada beberapa hal yang perlu disampaikan sebagai saran antara lain sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai topik ini untuk mendapatkan data karakteristik campuran yang lebih banyak dan akurat. Penelitian lanjutan tersebut misalnya variasi penetrasi aspal yang digunakan, variasi kadar filler dengan bahan yang lain (misalnya abu batu), perencanaan tebal lapis perkerasan, pengukuran workabilitas campuran dan sifat kimia dari pasir putih terhadap kekuatannya pada aspal.
2. Perlu dilakukan penelitian penggunaan agregat halus pasir putih untuk jenis campuran lainnya, Misalnya jenis campuran AC, HRS, ATB, dan lain sebagainya.
3. Perlu dilakukan studi kelayakan untuk menentukan nilai ekonomis dari penggunaan pasir putih sebagai bahan lapis perkerasan dan pemanfaatannya , juga pengaruh eksploitasi material ini terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13 PT B 1983*, Jakarta.
2. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992, *Buku III Spesifikasi Umum*, Jakarta.
3. Dody Setia Graha, Ir. *Batuan dan Mineral*, 1987, Nova, Bandung.
4. E.J.Yoder and Matthew W.Witezak, *Principles of Pavement Design*, John Wiley and Sons, Inc, 1959.
5. FA. Mujiono, Ir, CES, 1994, *Spesifikasi Aspal Beton (Hot Mix Split Mastic Asphalt)*, Bandung.
6. Kerbs R.D. and Walker R.D., 1971, *Highway Material*, Mc Graw Hill Book Company, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
7. Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 1994, *Panduan Praktikum Jalan Raya*, Yogyakarta.
8. Marsudi Agus Setyawan dan Maman Setiawan, *Tugas Akhir Penelitian Laboratorium Penggunaan Limbah Baja (Slag) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Split Mastic Asphalt 0 11 Dengan Bahan Tambah Serat Selulosa*, Yogyakarta 1997.
9. Moh. Ali Khairudin, 1993, *Tinjauan Umum Hasil Aplikasi Split Mastic Asphalt*, Jakarta.
10. Robert N.Hunter, *Bituminous Mixtures in Road Construction*, February 1994.
11. Silvia Sukirman, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova Bandung.
12. Suprpto TM, 1994, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Yogyakarta.
13. The Asphalt Institute, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete-and otherhot-mix types-*, Normal Series No 2 four edition marc 1974.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Program 1 bt
TA = 3 bl
5/d 14 okt 99

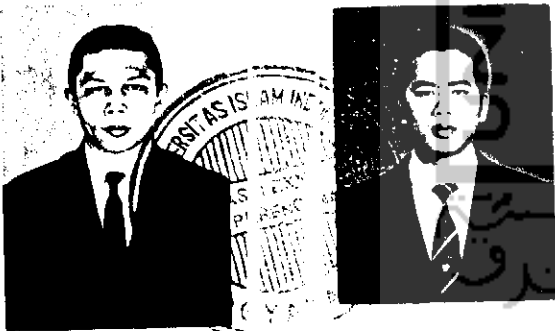
KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	ZAMRONI	86 310 079		TRANSPORTASI
2	JOKO MARLINDO	94 310 129		TRANSPORTASI

JUDUL TUGAS AKHIR : EVALUASI PENGGUNAAN PASIR PUTIH SEBAGAI PENGGANTI.....
AGREGAT HALUS PADA SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)
GRADING 0-11 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. BACHNAS, MSc
Dosen Pembimbing II : IR. SUBARKAH, MT

Yogyakarta, 14 JUNI 1999
An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil.



IR. H. TAJJUDDIN BM ARIS, MS

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Judul : EVALUASI PENGGUNAAN PASIR PUTIH SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT HALUS PADA SPILT MASTIC ASPHALT (SMA)
GRADING 0/11 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN

Nama : Zamroni (86310079)
Joko Marlindo (94310129)

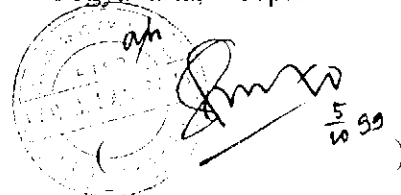
NO	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	20-10-19		<p><i>Terdapat buku pustaka karso (... ..) lihat pedoman EPR</i></p>	
	24/10-19		<p><i>Daftar pustaka disusun berurutan sesuai alfabet Lampirkan ke DPT</i></p>	<i>A</i>

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

Contoh dari : PT. Perwita Karya Dikerjakan oleh : Zamroni
 Jenis Contoh : Agregat kasar Joko M.
 Diperiksa Tgl. : 14 Sept. 1999 Diperiksa Oleh : Sukamto

SARINGAN		BENDA UJI	
JENIS GRADASI			
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
25,4 mm (1")	25,4 mm (1")		
19,0 mm (3/4")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gr.	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	2500 gr.	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
4,75 mm (No 4)	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
Jumlah benda uji (A)		5000 gr.	
Jumlah tertahan di sieve 12 (B)		3416 gr.	
Keausan = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		31,68 %	✓

Yogyakarta, September 1999

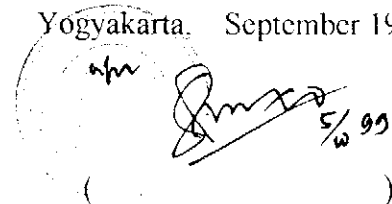


PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

Contoh dari : Dss. Giri Tirta Kec. Panggang Dikerjakan oleh : Zamroni
 Jenis Contoh : Agregat Halus (Pasir Putih) Joko M.
 Diperiksa Tgl. : 14 Sept. 1999 Diperiksa Oleh : Sukanto

SARINGAN		BENDA UJI	
JENIS GRADASI			
LOLOS	TERTAHAN	I	II
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5 mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1,5")		
25,4 mm (1")	25,4 mm (1")		
19,0 mm (3/4")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")		
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")		
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
4,75 mm (No 4)	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)	5000 gr.	
Jumlah benda uji (A)		5000 gr.	
Jumlah tertahan di sieve 12 (B)		3786 gr.	
Keausan = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		24,28 % ✓	

Yogyakarta, September 1999


 ()

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh Dari : PT. Perwita Karya

Diperiksa Oleh :

Jenis Contoh : Agregat kasar

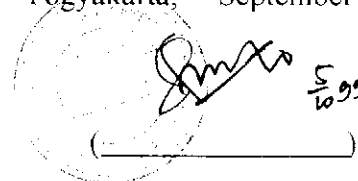
Zamroni

Diperiksa Tgl. : 22 Sept. 1999

Joko Marlindo

KETERANGAN	BERAT BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) ▶ BJ	1508 gr.	
Berat benda uji didalam air → BA	927 gr.	
Berat benda uji kering oven → BK	1480 gr.	
Berat Jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,547	
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,595	
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,676	
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100 \%$	1,89	

Yogyakarta, September 1999


 ()



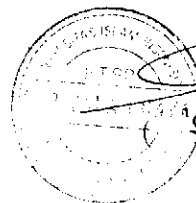
**PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh Dari : PT. Perwita Karya Diperiksa Oleh :
Ds. Giri Harjo Kcc. Panggang Zamroni & Joko M.
Jenis Contoh : Agregat Halus (Pasir biasa & Pasir putih)
Diperiksa Tgl. : 22 Sept. 1999

KETERANGAN	BERAT BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gr.	500 gr.
Berat Vicnometer + Air (B)	662,5 gr.	664 gr.
Berat Vicnometer + Air + Benda uji (BT)	974 gr.	988 gr.
Berat Sampe Kering Oven (BK)	485,5 gr.	488 gr.
Berat Jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,574	2,77
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,652	2,84
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,79	2,975
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100 \%$	2,98	2,459

Keterangan : I = Agregat pasir Putih
II = Agregat Pasir Biasa

Yogyakarta, September 1999



(Syamsudin)

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS FILLER (ABU BATU)

Contoh Dari : PT. Perwita Karya

Diperiksa Oleh :

Jenis Contoh : Abu batu

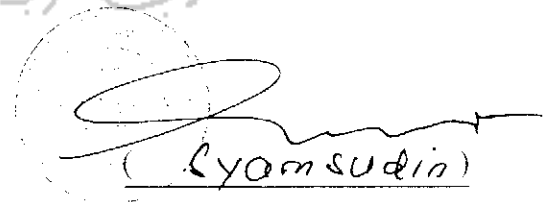
Zamroni

Diperiksa Tgl. : 22 Sept. 1999

Joko Marlindo

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer kosong	18,115 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	68,297 gram
3.	Berat Air (2 - 1)	50,182 gram
4.	Berat Vicnometer + Filler	20,168 gram
5.	Berat Filler (4 - 1)	02,053 gram
6.	Berat Vicnometer + Filler + Aquadest	69,420 gram
7.	Berat Airnya Saja (6 - 4)	49,252 gram
8.	Volume Filler (3 - 7)	0,930 gram
9.	Berat Jenis Filler : Berat/Vol (5/8)	2,207 gram/

Yogyakarta


 (Syamsudin)

**PEMERIKSAAN
BERAT JENIS FILLER (ABU BATU PUTIH)**

Contoh Dari : Ds. Giri Harjo Kec. Panggang

Diperiksa Oleh :

Jenis Contoh : Abu batu Putih

Zamroni

Diperiksa Tgl. : 22 Sept. 1999

Joko Marlindo

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer kosong	26,50 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	76,68 gram
3.	Berat Air (2 - 1)	50,18 gram
4.	Berat Vicnometer + Filler	28,54 gram
5.	Berat Filler (4 - 1)	2,04 gram
6.	Berat Vicnometer + Filler + Aquadest	77,34 gram
7.	Berat Airnya Saja (6 - 4)	48,8 gram
8.	Volume Filler (3 - 7)	1,84 gram
9.	Berat Jenis Filler : Berat/Vol (5/8)	1,12 gram

Yogyakarta,



()

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS ASPHAL

Contoh Dari : Pertamina Cilacap

Diperiksa Oleh :

Jenis Contoh : Asphalt Pen 60/70

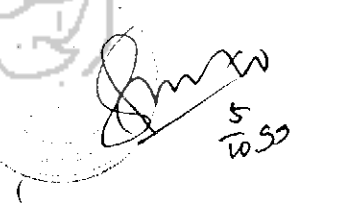
Zamroni

Diperiksa Tgl. : 22 Sept. 1999

Joko Marlindo

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer kosong	28,99 gram
2.	Berat Vicnometer + Aquadest	78,9 gram
3.	Berat Air (2 - 1)	49,91 gram
4.	Berat Vicnometer + Asphalt	31,03 gram
5.	Berat Asphalt (4 - 1)	2,04 gram
6.	Berat Vicnometer + Asphalt + Aquadest	78,92 gram
7.	Berat Airnya Saja (6 - 4)	47,89 gram
8.	Volume Asphalt (3 - 7)	2,02 gram
9.	Berat Jenis Asphalt : Berat/Vol (5/8)	1,009 gram

Yogyakarta,





SAND EQUIVALENT DATA
AASHTO T 176 – 73

Nama. Sample : Pasir Putih & P.Biasa Dikerjakan oleh : Zamroni

Joko Marlindo

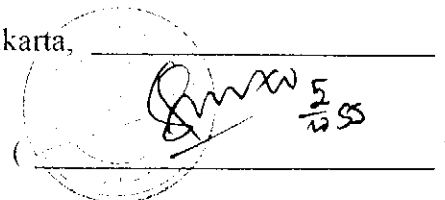
Di test Tgl. : 14 Sept. 1999

Diperiksa oleh : Sukanto

Selesai Tgl. : 14 Sept. 1999

TRIAL NUMBER		1	2
Soaking (10.1 Min)	Start	11.02	11.02
	Stop	11.06	11.06
Sedimentation time (20 Min – 15 Sec)	Start	11.06	11.06
	Stop	11.26	11.26
Clay Reading		4,7	4,95
Sand Reading		4,0	4,2
SE – $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$		85,106 %	84,845 %
Average Sand Equivalent		85,106 %	84,845 %
Nama		Pasir Putih	Pasir biasa
Remark :	Nilai Sand Equivalent = SE > 50% *). Memenuhi syarat.		
*) Sumber : Laston, SKBI 2.4.26.1987,UDC : 625.75(02), halaman 5			

Yogyakarta, _____



**PEMERIKSAAN
 KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHALT**

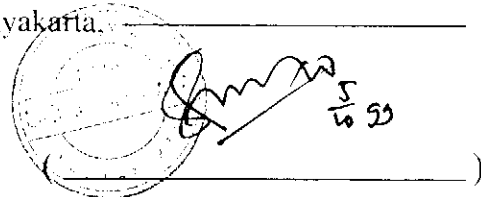
Contoh dari : Giri Harjo, Gunung Kidul Diperiksa oleh : Zamroni
 Jenis Contoh : Pasir Putih Joko Marlindo
 Diperiksa Tgl. : 14 –15. Sept. 1999

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26 ^o	11.35 WIB
SELESAI PEMANASAN	140 ^o	11.45 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140 ^o	11.45 WIB
SELESAI	26 ^o	12.20 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	14 SEPTEMBER 1999	Pukul 12.22 WIB
SELESAI	15 SEPTEMBER 1999	Pukul 12.30 WIB

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
I	99 %

Yogyakarta,



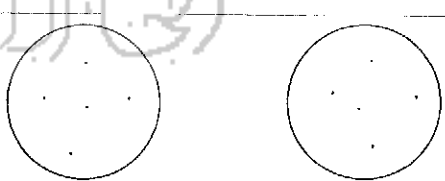
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL

Contoh Dari : Pertamina Cilacap
 Jenis Contoh : Asphalt Pen 60/70
 Diperiksa Tgl. : 16 Sept. 1999

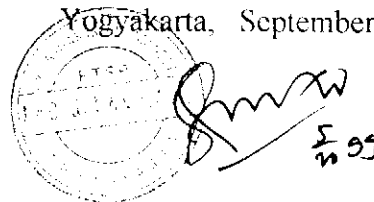
Dikerjakan Oleh :
 Zamroni & Joko M.
 Diperiksa Oleh :
 Sukanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (° C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai Pemanasan	26° C	08.30 WIB
Selesai Pemanasan	150° C	08.35 WIB
Didiamkan Pada Suhu 25° C		
Mulai	150° C	08.35 WIB
Selesai	27° C	09.30 WIB
Direndam Air Dengan Suhu 25° C		
Mulai	27° C	09.30 WIB
Selesai	25° C	10.30 WIB
Diperiksa		
Mulai	25° C	10.35 WIB
Selesai	25° C	10.50 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	CAWAN (I)	CAWAN (II)	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	71	70	
2	70	70	
3	69	71	
4	71	68	
5	70	71	

Yogyakarta, September 1999



Contoh dari : Agregat Kasar dari PT.Perwita
 Karya, Agregat Halus dan
 Pasir Putih dari PT. Perwita
 Karya dan dari Giri Harjo
 Kec. Panggang Gn. Kidul
 Yogyakarta.

Dikerjakan oleh :
 Zamroni
 Joko Marlindo
 Diperiksa oleh :
 Sukamto

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 5,5 %

Dikerjakan Tgl : 16 - 22 Sept. 1999

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat tertahan		Jumlah prosen (%)		Spesifikasi	
mm	inci	tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	min	Maks
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	56,52	56,52	5	95	90	100
8,00	5/16	367,38	423,9	37,5	62,5	50	75
5,00	No.4	254,34	678,24	60	40	30	50
2,00	No.10	169,56	847,8	75	25	20	30
0,71	No.25	67,824	915,624	81	19	13	25
0,25	No.60	45,216	960,84	85	15	10	20
0,09	No.170	50,868	1011,71	89,5	10,5	8	13
PAN	-	118,692	1130,4	100	-	-	-

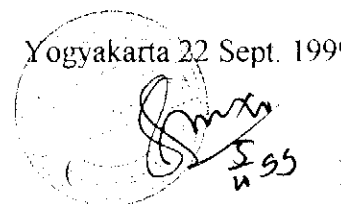
Berat Aspal : $5,5 \% \times 1200 \text{ gr.} = 66 \text{ gr.}$

Berat Serat Selulosa : $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$

Berat Agregat total : - 1130,4 gr.

Berat Benda Uji 1200,0 gr.

Yogyakarta 22 Sept. 1999



(*Zamroni*)
 1999

Contoh dari : Agregat Kasar dari PT.Perwita
 Karya, Agregat Halus dan
 Pasir Putih dari PT. Perwita
 Karya dan dari Giri Harjo
 Kec. Panggang Gn. Kidul
 Yogyakarta.

Dikerjakan oleh :
 Zamroni
 Joko Marlindo
 Diperiksa oleh :
 Sukamto

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6,0 %

Dikerjakan Tgl : 16 - 22 Sept. 1999

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat tertahan		Jumlah prosen (%)		Spesifikasi	
mm	inci	Tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	min	Maks
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	56,22	56,22	5	95	90	100
8,00	5/16	365,43	421,65	37,5	62,5	50	75
5,00	No.4	252,99	674,64	60	40	30	50
2,00	No.10	168,66	843,3	75	25	20	30
0,71	No.25	67,464	910,764	81	19	13	25
0,25	No.60	44,976	955,74	85	15	10	20
0,09	No.170	50,598	1006,34	89,5	10,5	8	13
PAN	-	118,062	1124,4	100	-	-	-

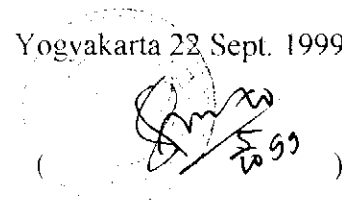
Berat Aspal : 6,0 % x 1200 gr. = 72 gr.

Berat Serat Selulosa : 0,3 % x 1200 gr. = 3,6 gr.

Berat Agregat total : - 1124,4 gr.

Berat Benda Uji 1200,0 gr.

Yogyakarta 22 Sept. 1999



Contoh dari : Agregat Kasar dari PT.Perwita
 Karya, Agregat Halus dan
 Pasir Putih dari PT. Perwita
 Karya dan dari Giri Harjo
 Kec. Panggang Gn. Kidul
 Yogyakarta.

Dikerjakan oleh :
 Zamroni
 Joko Marlindo
 Diperiksa oleh :
 Sukamto

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6,5 %

Dikerjakan Tgl : 16 - 22 Sept. 1999

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat tertahan		Jumlah prosen (%)		Spesifikasi	
mm	inci	tertahan	Jumlah	Tertahan	lolos	min	Maks
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,92	55,92	5	95	90	100
8,00	5/16	363,48	419,4	37,5	62,5	50	75
5,00	No.4	251,64	671,04	60	40	30	50
2,00	No.10	167,36	838,4	75	25	20	30
0,71	No.25	67,504	905,904	81	19	13	25
0,25	No.60	44,736	950,64	85	15	10	20
0,09	No.170	50,328	1000,97	89,5	10,5	8	13
PAN	-	117,432	1118,4	100	-	-	-

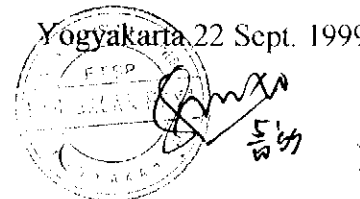
Berat Aspal : 6,5 % x 1200 gr. = 78 gr.

Berat Serat Selulosa : 0,3 % x 1200 gr. = 3,6 gr.

Berat Agregat total : = 1118,4 gr.

Berat Benda Uji : 1200,0 gr.

Yogyakarta, 22 Sept. 1999



Contoh dari : Agregat Kasar dari PT.Perwita
 Karya, Agregat Halus dan
 Pasir Putih dari PT. Perwita
 Karya dan dari Giri Harjo
 Kec. Panggang Gn. Kidul
 Yogyakarta.

Dikerjakan oleh :
 Zamroni
 Joko Marlindo
 Diperiksa oleh :
 Sukamto

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 7,0 %

Dikerjakan Tgl : 16 - 22 Sept. 1999

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat tertahan		Jumlah prosen (%)		Spesifikasi	
mm	inci	tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	min	Maks
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,62	55,62	5	95	90	100
8,00	5/16	361,53	417,15	37,5	62,5	50	75
5,00	No.4	250,29	667,44	60	40	30	50
2,00	No.10	166,86	834,3	75	25	20	30
0,71	No.25	66,744	901,044	81	19	13	25
0,25	No.60	44,496	945,54	85	15	10	20
0,09	No.170	50,058	995,598	89,5	10,5	8	13
PAN	-	116,802	1112,4	100		-	-

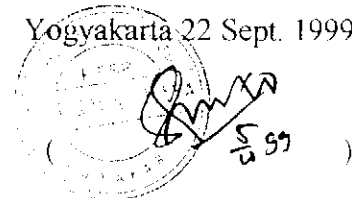
Berat Aspal : $7,0 \% \times 1200 \text{ gr.} = 84 \text{ gr.}$

Berat Serat Selulosa : $0,3 \% \times 1200 \text{ gr.} = 3,6 \text{ gr.}$

Berat Agregat total : $= 1112,4 \text{ gr.}$

Berat Benda Uji : $1200,0 \text{ gr.}$

Yogyakarta 22 Sept. 1999



Contoh dari : Agregat Kasar dari PT.Perwita
 Karya, Agregat Halus dan
 Pasir Putih dari PT. Perwita
 Karya dan dari Giri Harjo
 Kec. Panggang Gn. Kidul
 Yogyakarta.

Dikerjakan oleh :
 Zamroni
 Joko Marlindo
 Diperiksa oleh :
 Sukanto

Jenis Agregat : Agregat Kasar & Agregat Halus

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 7,5 %

Dikerjakan Tgl : 16 - 22 Sept. 1999

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

No. Saringan		Berat tertahan		Jumlah prosen (%)		Spesifikasi	
mm	inci	tertahan	jumlah	Tertahan	lolos	min	Maks
12,70	½	0	0	0	100	100	100
11,20	7/16	55,32	55,32	5	95	90	100
8,00	5/16	359,58	414,9	37,5	62,5	50	75
5,00	No.4	248,94	663,84	60	40	30	50
2,00	No.10	165,96	829,8	75	25	20	30
0,71	No.25	66,384	896,184	81	19	13	25
0,25	No.60	44,256	940,44	85	15	10	20
0,09	No.170	49,788	990,228	89,5	10,5	8	13
PAN	-	116,172	1106,4	100		-	-

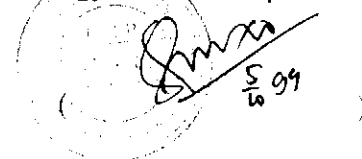
Berat Aspal : 7,5 % x 1200 gr. = 90 gr.

Berat Serat Selulosa : 0,3 % x 1200 gr. = 3,6 gr.

Berat Agregat total : = 1106,4 gr.

Berat Benda Uji : 1200,0 gr.

Yogyakarta 22 Sept. 1999


 ()

Asal material : Lab. Jalan Raya FTSP-11 & Pasirang Gunung Kidul
 Jenis Campuran : Spli Mastic Asphalt 2 x 75 tumbukkan.
 Di berikan Oleh : I. Zamroni & Joko M.

Tanggal : 23 September 1999
 Di hitung Oleh Zamroni & Joko Marfindo
 Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, MT

HASIL PENERIKSAAN MARSHALL TEST

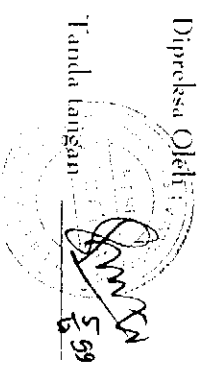
Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p (kg)	q	r	QM
1/pp	65.81	6.8783	6.5	1175	1186	665	521	2.2553	2.32745	14.529	82.371	3.1009	17.629	82.4105	3.10093	310	1062.4	1049.622	3.302	317.87
2/pp	65.64	6.8783	6.5	1179	1185	664	521	2.263	2.32745	14.578	82.651	2.7711	17.349	84.0276	2.77106	305	1045.2	1032.692	2.54	406.57
3/pp	65.78	6.8783	6.5	1178	1187	663	524	2.2481	2.32745	14.482	82.108	3.4097	17.892	80.9428	3.40971	345	1182.3	1168.127	2.54	459.89
RERATA	65.7433	6.878	6.5	1177.3	1186	664	522	2.255	2.3275	14.53	82.38	3.0939	17.624	82.46	3.0939	320	1096.6	1083.48	2.794	394.78
1/b	65.53	7.4074	7	1176	1187	676	511	2.3014	2.38514	15.966	80.522	3.5121	19.478	81.9687	3.51213	335	1148	1134.268	3.302	343.51
2/b	65.73	7.4074	7	1175	1188	678	510	2.3039	2.38514	15.984	80.611	3.4052	19.389	82.4375	3.40515	365	1250.9	1235.845	3.556	347.54
3/b	65.51	7.4074	7	1172	1185	676	509	2.3026	2.38514	15.974	80.563	3.4625	19.437	82.1857	3.46249	380	1302.3	1286.633	3.302	389.65
RERATA	65.59	7.407	7	1174.3	1186.7	676.67	510	2.303	2.3851	15.97	80.57	3.4599	19.434	82.197	3.45992	360	1233.7	1218.92	3.387	360.23
1/pp	65.45	7.4074	7	1178	1184	664	520	2.2654	2.3113	15.716	82.297	1.9866	17.703	88.7782	1.98658	262	897.87	887.0995	3.048	291.04
2/pp	64.03	7.4074	7	1173	1177	665	512	2.291	2.3113	15.894	83.228	0.8776	16.772	94.7672	0.87764	302	1035	1022.535	3.556	287.55
3/pp	64.88	7.4074	7	1177	1183	667	516	2.281	2.3113	15.825	82.865	1.3106	17.135	92.3513	1.31063	292	1000.7	988.6758	3.048	324.37
RERATA	64.7867	7.407	7	1176	1181.3	665.33	516	2.279	2.3113	15.81	82.8	1.3916	17.203	91.966	1.39162	285.33	977.84	966.103	3.217	300.99
1/b	64.58	7.9365	7.5	1175	1180	671	509	2.3084	2.36778	17.159	80.335	2.5057	19.665	87.2579	2.50569	335	1148	1134.268	3.556	318.97
2/b	64.15	7.9365	7.5	1171	1179	671	508	2.3051	2.36778	17.134	80.219	2.6463	19.781	86.6216	2.64632	371	1271.4	1256.16	3.81	329.7
3/b	65.75	7.9365	7.5	1178	1188	672	516	2.2829	2.36778	16.969	79.448	3.5827	20.552	82.5675	3.58275	347	1189.2	1174.899	3.302	355.81
RERATA	64.8267	7.937	7.5	1174.7	1182.3	671.33	514	2.289	2.3678	17.09	80	2.9116	19.999	85.482	2.91159	351	1202.9	1188.44	3.556	334.83
1/pp	63.73	7.9365	7.5	1171	1174	661	513	2.2827	2.29537	16.967	82.479	0.5542	17.521	96.8369	0.55422	341	1168.6	1154.584	4.064	284.1
2/pp	65	7.9365	7.5	1172	1175	661	514	2.2802	2.29537	16.949	82.388	0.6629	17.612	96.2358	0.66293	317	1086.4	1073.325	3.556	301.83
3/pp	65.36	7.9365	7.5	1171	1175	660	515	2.2738	2.29537	16.901	82.158	0.9404	17.842	94.7291	0.94042	262	897.87	887.0995	3.556	249.47
RERATA	64.6967	7.9365	7.5	1171.3	1174.67	660.67	514	2.2789	2.29537	16.939	82.342	0.7192	17.658	95.9339	0.71919	306.667	1050.9	1038.335	3.725	278.47

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

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

r = Flow (kelelahan plastis)
 QM = Quanton Marshal
 Suhu pencampuran = + 160° C
 Suhu pematangan = + 140° C
 Suhu water bath = + 60° C
 B.J Aspal = 1.009
 B.J Agregat = P/B 2.658P : 2.56
 Diperiksa Oleh :
 Tanda tangan :
 5/99

MARSHALL TEST



HASIL PEMERIKSAAN MARSHAL TEST

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p (kg)	q	r	QM
1/b	68.78	5.8201	5.5	1177	1194	670	524	2.2462	2.43879	12.244	79.859	7.8975	20.141	60.7895	7.89753	315	1079.5	1066.551	2.286	466.56
2/b	68.83	5.8201	5.5	1180	1199	674	525	2.2476	2.43879	12.252	79.91	7.8387	20.09	60.9829	7.83865	300	1028.1	946.8801	2.413	392.41
3/b	67.61	5.8201	5.5	1178	1191	674	517	2.2785	2.43879	12.42	81.009	6.5712	18.991	65.399	6.57118	363	1244	1145.725	2.286	501.19
RERATA	68.407	5.82	5.5	1178	1195	672.7	522	2.257	2.439	12.31	80.26	7.436	19.74	62.39	7.4358	326	1117	1053.1	2.33	453.4
1/p	70.2	5.8201	5.5	1167	1187	663.2	523.8	2.2279	2.36044	12.144	82.243	5.6129	17.757	68.391	5.61291	275	942.43	931.159	2.54	366.58
2/p	68.5	5.8201	5.5	1176	1194	672.5	521.5	2.255	2.36044	12.292	83.242	4.4655	16.758	73.3523	4.46549	445	1525	1506.715	3.048	494.33
3/p	67.75	5.8201	5.5	1175	1194	672.5	521.5	2.2531	2.36044	12.282	83.172	4.5467	16.828	72.9817	4.54673	360	1233.7	1218.915	2.286	533.21
RERATA	68.8167	5.82	5.5	1172.7	1191.7	669.4	522.27	2.245	2.3604	12.24	82.89	4.875	17.114	71.575	4.87504	360	1233.7	1218.92	2.625	464.71
1/b	69.13	6.3492	6	1177	1193	673	520	2.2635	2.42064	13.46	80.047	6.4952	19.955	67.4573	6.49319	320	1096.6	1083.48	3.048	355.47
2/b	70.75	6.3492	6	1175	1194	671.5	522.5	2.2488	2.42064	13.372	79.529	7.0987	20.471	65.5233	7.09873	240	822.48	812.6102	2.794	290.84
3/b	67.67	6.3492	6	1178	1197	670	527	2.2553	2.42064	13.292	79.051	7.6568	20.949	63.4501	7.65683	348	1192.6	1178.285	2.794	421.72
RERATA	69.1833	6.349	6	1176.7	1194.7	671.5	523.17	2.249	2.4206	13.37	79.54	7.0829	20.458	65.41	7.08292	302.67	1037.2	1024.79	2.879	356.01
1/p	68.93	6.3492	6	1182	1194	669.5	524.5	2.2536	2.34383	13.401	82.748	3.8507	17.252	77.6791	3.85071	270	925.29	914.1865	3.048	299.93
2/p	68.42	6.3492	6	1179	1193	670	523	2.2543	2.34383	13.405	82.775	3.8197	17.225	77.8246	3.81968	270	925.29	914.1865	3.048	299.93
3/p	68	6.3492	6	1183	1196	675	521	2.2706	2.34383	13.502	83.375	3.1229	16.625	81.2158	3.1229	270	925.29	914.1865	2.794	327.2
RERATA	68.45	6.349	6	1181.3	1194.3	671.5	522.83	2.26	2.3438	13.44	82.97	3.5978	17.034	78.907	3.59776	270	925.29	914.187	2.963	309.02
1/b	67.86	6.8783	6.5	1176	1191	664	527	2.2315	2.40276	14.375	78.497	7.1276	21.503	66.853	7.12758	310	1062.4	1049.622	3.302	317.87
2/b	69.43	6.8783	6.5	1177	1192	664	528	2.2292	2.40276	14.36	78.415	7.2247	21.585	66.5293	7.22465	298	1021.2	940.5676	3.302	284.85
3/b	68.1	6.8783	6.5	1183	1203	675	528	2.2405	2.40276	14.434	78.815	6.7517	21.185	68.1301	6.75171	345	1182.3	1088.912	3.556	306.22
RERATA	68.4633	6.8783	6.5	1178.7	1195.33	667.67	527.667	2.2337	2.40276	14.39	78.576	7.0347	21.424	67.1708	7.03465	317.667	1088.6	1026.367	3.387	302.98

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

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

r = Flow (kelelahan plastis)
 QM = Quintion Marshal
 Suhu pencampuran = + 160° C
 Suhu pemadatan = + 140° C
 Suhu waterbath = + 60° C
 B.J Aspal = 1,009
 B.J Agregat = B 2,658, P : 2,56
 Diperiksa Oleh :

Tanda tangan





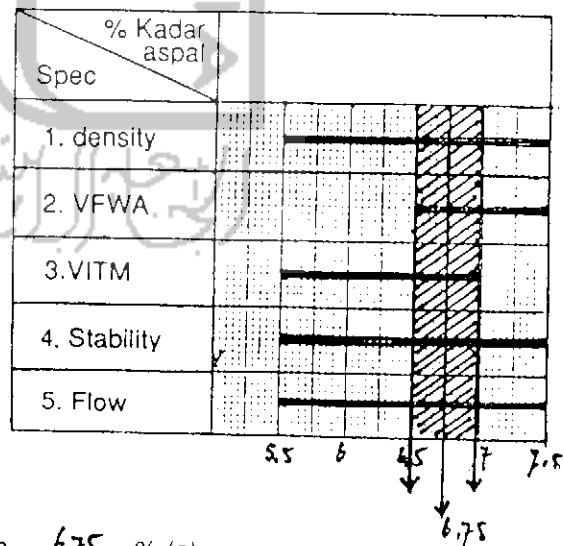
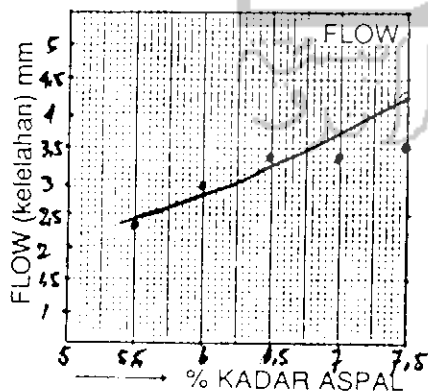
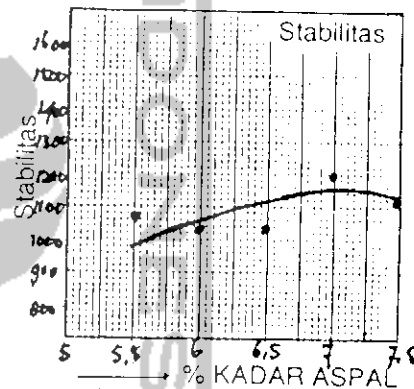
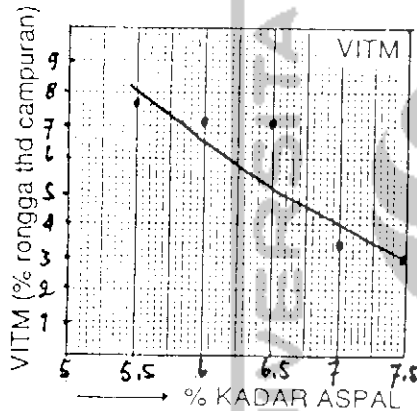
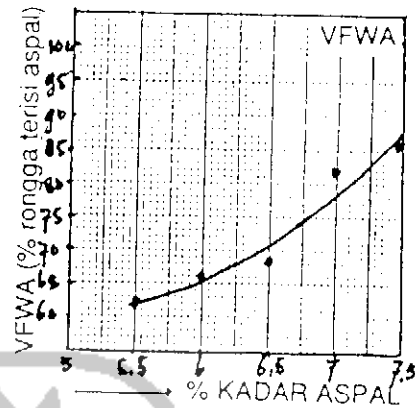
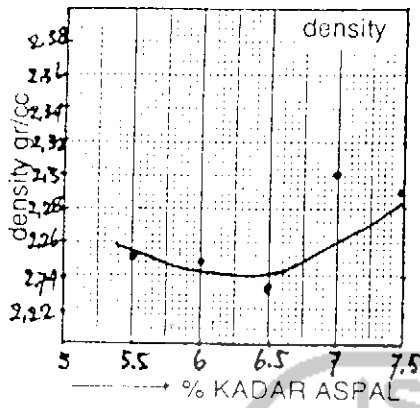
LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

GRAFIK III :KADAR ASPAL DESIGN

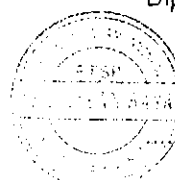
CAMPURAN SMA DG. AGR. HALUS. P. BIASA



Kadar Aspla Design = 6.75 % (a)

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100 + a} \times 100 \% = 6.3 \%$$

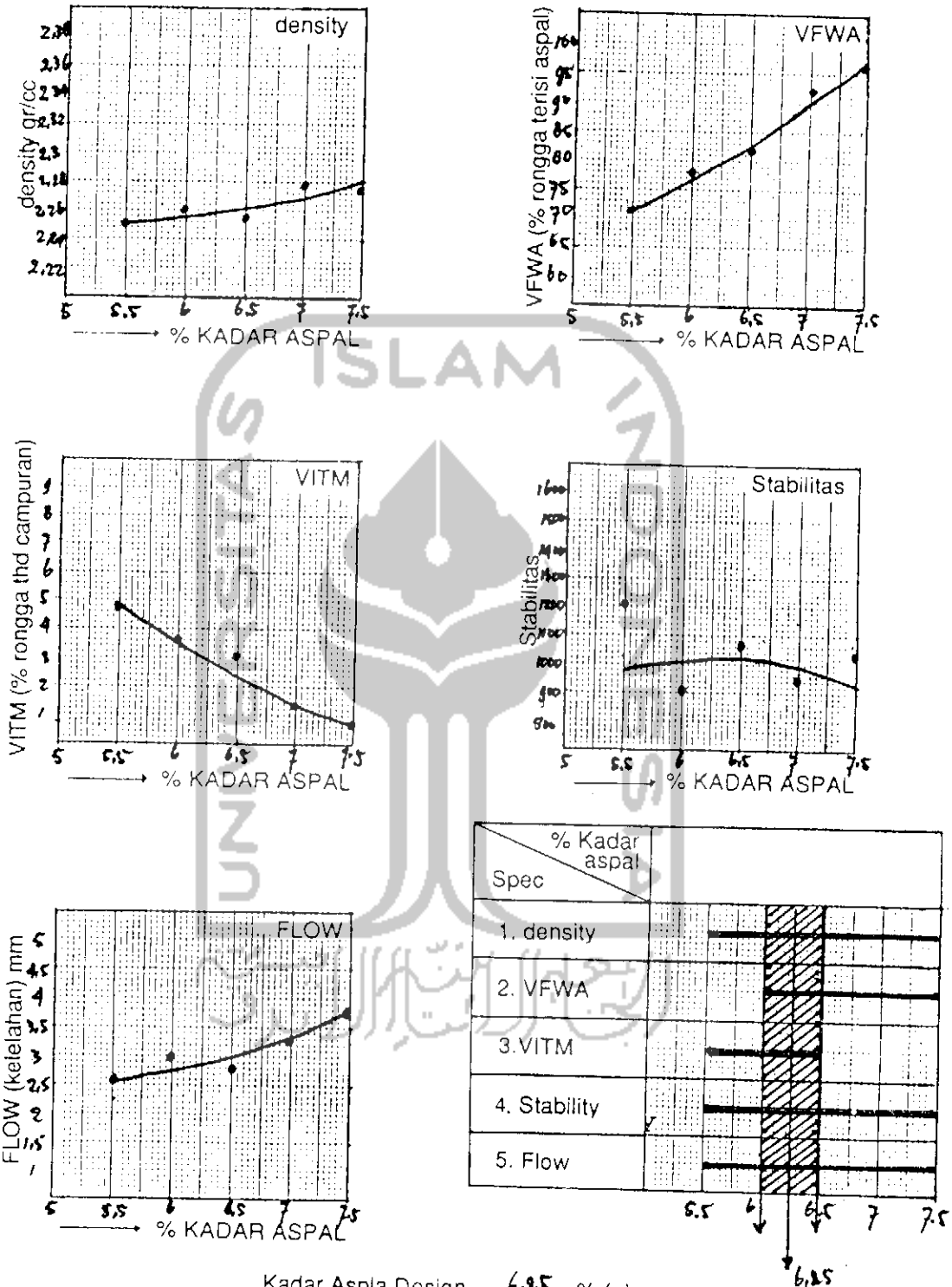
Diperiksa:



[Signature]
5/11/99

GRAFIK III : KADAR ASPAL DESIGN

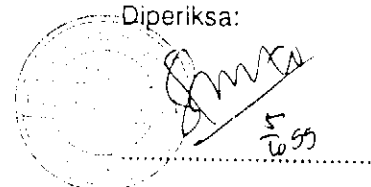
CAMPURAN SMA 26 AGR. HALUS. P. PUTIH



Kadar Aspla Design = ..6.25..... % (a)

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100 + a} \times 100 \% = 5.88 \%$$

Diperiksa:



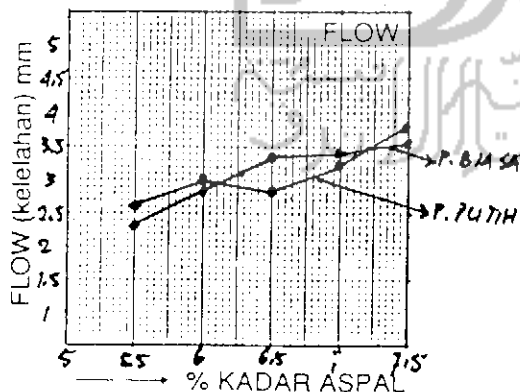
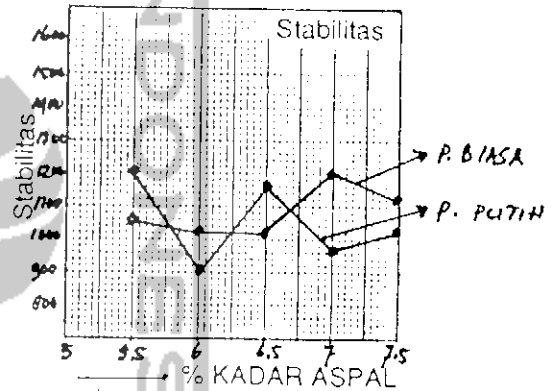
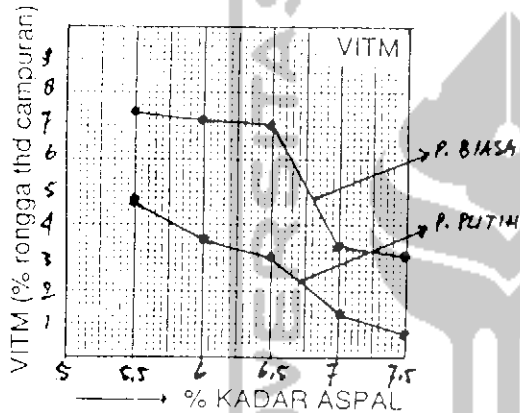
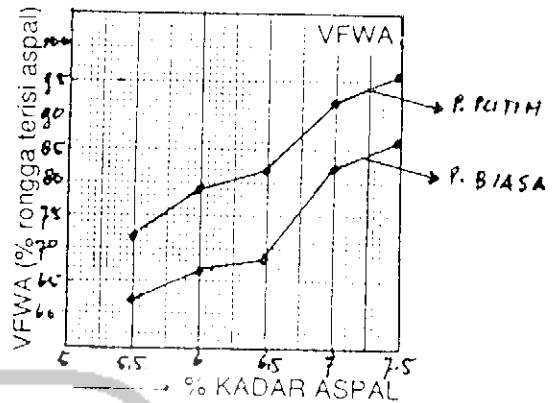
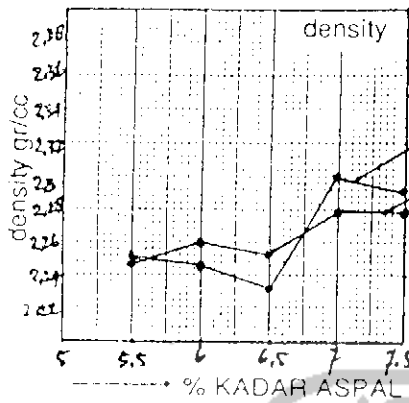


LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

GRAFIK III :KADAR ASPAL DESIGN GRAFIK GABUNGAN



Spec	% Kadar aspal				
1. density					
2. VFWA					
3. VITM					
4. Stability					
5. Flow					

Kadar Aspla Design = % (a)

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100+a} \times 100 \% = \dots \%$$

Diperiksa:

[Signature]
5/4/23