

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI FRAKSI AGREGAT HALUS DALAM CAMPURAN HRS B



Disusun oleh :

FACHRUDDIN SOPALAUW

No. Mhs. : 88 310 173
NIRM : 885014330210

SUHARNO

No. Mhs. : 88 310 162
NIRM : 885014330208

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

1998

TUGAS AKHIR
EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH TEMPURUNG
KELAPA SAWIT SEBAGAI FRAKSI AGREGAT
HALUS DALAM CAMPURAN HRS B

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

Disusun oleh :

FACHRUDDIN SOPALAUW
No. Mhs. : 88 310 173
NIRM : 885014330210

SUHARNO
No. Mhs. : 88 310 162
NIRM : 885014330208

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR

EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA
SAWIT SEBAGAI FRAKSI AGREGAT HALUS DALAM
CAMPURAN HRS B

Disusun Oleh

Nama : Fachruddin Sepalauw

No. Mhs : 88310173

Nirm : 885014330210

Nama : Suharnoe

No.Mhs : 88310162

Nirm : 885014330208

Telah Diperiksa dan disetujui Oleh :

Ir. Subarkah, MT
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 15-08-1998

Ir. H. Bachnas, MSC
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 15 Aug 98

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan HidayatNya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan rencana.

Adapun judul dari tugas akhir ini adalah "EVALUASI PENGGUNAAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI AGREGAT HALUS DALAM CAMPURAN HRS B" Penulisannya mencakup berbagai ilmu dalam bidang teknik sipil khususnya ilmu teknik sipil yang berhubungan dengan transportasi terutama tentang perkerasan jalan.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu segala saran, koreksi dan kritik demi perbaikan dari penyusunan Tugas Akhir ini sangat kami harapkan.

Atas segala bantuan yang telah diberikan sejak awal hingga selesainya Tugas Akhir ini kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bpk. Ir. Widodo MSC, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bpk. Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
3. Bpk. Ir. Subarkah MT, selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bpk. Ir. Bachnas MSC, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang telah membantu selama penyusunan hingga selesainya proposal Tugas Akhir ini.

Harapan kami semoga dengan selesainya laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wabillahi taufiq Walhidayah,

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Desember 1997

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Aspal	5
2.2. Agregat	6
2.3. Tempurung Kelapa Sawit	10
2.4. Filler	10
2.5. HRS (<i>Hot Rolled Sheet</i>)	11
2.5.1. Stabilitas (<i>Stability</i>)	11
2.5.2. Durabilitas (<i>Durability</i>)	12
2.5.3. Fleksibilitas (<i>Flexibility</i>)	12
2.5.4. Kekesatan (<i>Skid Resistance</i>)	12
2.5.5. Ketahanan Kelelahan (<i>Fatigue Resistance</i>)	13
2.5.6. Kemudahan untuk dikerjakan (<i>Workability</i>)	14
2.5.7. Gradasi	14
BAB III. LANDASAN TEORI	16

3.1. Perkerasan Jalan	16
3.2. Bahan Perkerasan.....	17
3.3. Kadar Aspal dalam Campuran	26
3.3.1. Aspal Keras / Asphalt Cement (AC)	17
3.2..2. Agregat	21
3.3. Kadar Aspal dalam Campuran	27
3.4. Tempurung Kelapa Sawit	26
BAB.IV. HIPOTESIS	31
BAB. V. METODE PENELITIAN	32
5.1. Diagram Alir Kegiatan Penelitian	32
5.2. Bahan	33
5.2.1. Asal Bahan	33
5.2.2. Persyaratan dan Pemeriksaan bahan	34
5.3. Perencanaan Campuran	38
5.3.1. Gradasi Agregat Ideal	38
5.4. Cara Melakukan pengujian	38
5.5. Tinjauan Hasil Uji	40
5.5.1. Stabilitas	40
5.5.2. Flow	40
5.5.3. VITM	41
5.5.4. VFWA	41
5.6. Proses Mendapatkan Hasil Uji	38
5.6.1. Pengujian Benda Uji	45
5.7. Alat yang Digunakan	47
BAB VI. HASIL PENELITIAN	49
6.1. Hasil Penelitian	49
6.1.1. Hasil Pemeriksaan Aspal	51
6.1.2. Hasil Penelitian CampuranHRS	51
BAB VII. PEMBAHASAN	56
7.1. Evaluasi Terhadap VITM	57

7.2. Evaluasi terhadap VFWA	58
7.3. Evaluasi terhadap Flow	59
7.4. Evaluasi terhadap Stabilitas	61
7.5. Evaluasi Terhadap Marshal Quotient	63
7.6. Evaluasi terhadap Densiti	65
7.7. Evaluasi hasil penelitian terhadap Spesifikasi	66
BAB VIII. KESIMPULAN DAN SARAN	67
8.1. Kesimpulan	67
8.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN-LAMPIRAN	72



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Gradasi Agregat HRS B	15
Tabel 3.1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa Sawit	27
Tabel 3.2. Komposisi Kimia dari Abu Tempurung Kelapa Sawit	28
Tabel 3.3. Komposisi Kimia dari batuan	28
Tabel 5.1. Spesifikasi Agregat Kasar	46
Tabel 5.2. Spesifikasi Agregat Halus	46
Tabel 5.3. Spesifikasi Lataston	47
Tabel 6.1. Spesifikasi Agregat Kasar Batu Pecah	49
Tabel 6.2. Spesifikasi Agregat Halus Batu Pecah	49
Tabel 6.3. Spesifikasi Agregat Kasar Tempurung Kelapa Sawit	50
Tabel 6.4. Spesifikasi Agregat Halus Tempurung Kelapa Sawit	50
Tabel 6.5. Presentase Pemakaian Agregat pada TKS	50
Tabel 6.6. Pemeriksaan Aspal AC 60-70 (SNI No. 1773, 1737, 1989-F)	51
Tabel 6.7. Hasil tes Marshal untuk mencari nilai maksimum dengan batuan sebagai agregat halus	54
Tabel 6.8. Hasil tes Marshal untuk mencari nilai maksimum dengan tempurung kelapa Sawit sebagai agregat halus	54
Tabel 6.9. Persyaratan tes Marshal untuk mencari HRS B	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 7.1. Grafik Hubungan Aspal dengan VITM.....	55
Gambar 7.2. Grafik Hubungan Aspal dengan VFWA.....	57
Gambar 7.3. Grafik Hubungan Aspal dengan Flow	59
Gambar 7.4. Grafik Hubungan Aspal dengan Stabilitas	60
Gambar 7.5. Grafik Hubungan Aspal dengan M.Q	62
Gambar 7.6. Grafik Hubungan Aspal dengan Density	63



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Angka Koreksi	a
Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	(1 - 10)
Pemeiksaan Keausan Agregat	11
Pemeriksaan Berat jenis Agregat Halus	12
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	13
Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	14
Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	15
Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	16
Pemeriksaan Penetrasi Aspal	17
Pemeriksaan Sanda Equivalent Data	18
Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal	19
Pemeriksaan Daktilitas/ Residu	20
Pemeriksaan Kelarutan dalam CCl4	21
Perhitungan Test Marshall	(22 - 25)

INTISARI

Penelitian ini membahas penggunaan Tempurung Kelapa Sawit (TKS) sebagai sebagai fraksi agregat halus dalam campuran Hot Rolled Sheet (HRS B). Penggunaan TKS ini untuk memanfaatkan limbah padat dari pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar

Di dalam penelitian ini akan di dapat nilai-nilai dari : VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan Marshall Quotient dibandingkan dengan spesifikasi dari Bina Marga.

Dari hasil penelitian untuk lalulintas berat dengan jumlah tumbukan 2 x 75 diperoleh nilai VITM antara 32,74 % - 37,92 %, VFWA antara 16,43 % - 24,46 % , Stabilitas antara 587,9 kg - 709,39 kg, Flow antara 5,096 mm- 6,604 mm dan Marshal Quotient antara 0,094 KN/mm - 1,471 KN/mm. Apabila di bandingkan dengan nilai yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk VITM antara 3 % - 6 %, VFWA antara 70 % - 80 %, Stabilitas antara 550 kg - 1250, Flow antara 2 mm - 4 mm, dan Marshall Quotient antara 1,5 KN/mm - 5 KN/mm maka yang masuk pada standart itu hanyalah nilai Stabilitas sedangkan yang lainnya sangat jauh diatas atau dibawah nilai yang ditetapkan oleh Bina Marga.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan khususnya dibidang infra struktur telah menunjukkan peningkatan yang luar biasa maka dengan sendirinya akan berpengaruh terhadap mobilitas penduduk dalam berhubungan antara satu daerah dengan daerah lainnya. Dalam rangka untuk menunjang pertumbuhan dan mobilitas tersebut maka diperlukan sarana dan prasarana transportasi. Adapun bentuk transportasi ada 3 macam yaitu : Udara, Laut dan Darat. Dalam penulisan ini akan kita tinjau tentang salah satu unsur transportasi yaitu jalan raya.

Seperti kita ketahui dalam perencanaan suatu perkerasan struktur Jalan Raya harus memenuhi kriteria atau ketentuan yaitu : Ekonomis, Aman, Nyaman dan Tahan lama. Dalam perencanaan jalan raya ada yang di kenal dengan Lapis Perkerasan yaitu lapis permukaan (*Surface Course*) yang terbuat dari campuran aspal dan agregat.

Banyak ragam Lapis Perkerasan Jalan yang digunakan di Indonesia, salah satu diantaranya adalah perkerasan Lapis Tipis Aspal Beton (*Lataston*) yang merupakan komponen lapis keras yang terbuat dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*Filler*) dan aspal keras yang mempunyai

Penetrasi minimum 60 dan 80, yaitu AC 60 - 70 dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Bahan Lapis Tipis Aspal Beton atau yang disebut juga dengan *Hot Rolled Sheet* (HRS) merupakan campuran antara agregat bergradasi timpang dengan aspal. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung antara 90% - 95% berdasarkan prosentase berat campuran, sehingga dapat memberikan daya dukung keawetan dan kualitas yang tinggi bagi Lataston. Agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta filler. Penggunaan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan (*Flexibility*) dan durabilitas yang baik tetapi tidak demikian dengan stabilitas dan kekesatan (*Skid Resistance*). Dengan demikian haruslah ditentukan suatu campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan Lapisan Tipis Aspal Beton dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan teknis/spesifikasi.

Faktor yang sangat mempengaruhi nilai stabilitas dari Lapis Tipis Aspal Beton adalah gaya gesek dalam (*Internal Friction*), sifat saling mengunci dan kohesi dari agregat tersebut. Gaya gesek dalam merupakan gabungan dari bentuk partikel, tekstur permukaan partikel, ukuran partikel dan gradasi.

Dengan meningkatkan laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan, khususnya dibidang infrastruktur telah menunjukkan peningkatan yang luar biasa, maka dengan sendirinya akan berpengaruh terhadap ketersediaan bahan/material, yang dalam hal ini bahan batuan sebagai bahan susun lapis perkerasan. Bertitik tolak dari masalah ini, maka akan dilakukan penelitian tentang pengaruh limbah

tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus Fraksi II (F2) pada campuran HRS B dengan mengacu kepada spesifikasi Bina Marga.

HRS merupakan jenis lapis perkerasan atas, terdiri atas dua jenis, yaitu HRS kelas A (HRS A) dipakai untuk jalan dengan lalu lintas rendah dan HRS kelas B (HRS B) dipakai untuk jalan dengan lalu lintas yang tinggi. (S. Sukirman, 1992).

Dari sudut ini, akan diamati toleransi yang akan diambil dari limbah tempurung kelapa sawit yang apabila ditinjau dari bentuk Fisika dan kimianya ia mempunyai kekuatan dan ketahanan terhadap pembebanan dan gesekan dengan struktur yang seperti ini maka dicoba untuk menempatkan atau membuat limbah tempurung kelapa sawit sebagai salah satu komponen perkerasan jalan.

Tempurung kelapa sawit direkomendasikan untuk dipakai sebagai Fraksi II (F 2), karena sesuai dengan penelitian di lapangan, tempurung dipakai sebagai bahan perkerasan pada daerah-daerah tertentu terutama daerah pertanian atau perkebunan tetapi pelaksanaannya masih bersifat konvensional. Dalam penelitian ini dicoba untuk diolah secara ilmiah pada campuran HRS B sebagai agregat halus Fraksi II (F 2).

1.2. Tujuan Penelitian

Dilakukannya penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana kinerja limbah tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus dapat memenuhi persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga. untuk campuran HRS B, serta mengetahui nilai-nilai dari :

1. Stabilitas
2. Kelelahan (*Flow*)
3. *Marshall Quotient* (QM)
4. Prosentase rongga didalam campuran (*Void in the mix*)
5. Prosentase rongga terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*)

Dengan mengetahui besar nilai-nilai diatas tersebut, maka dapat diketahui pengaruh penggunaan limbah tempurung kelapa sawit sebagai pengganti agregat halus (F2) terhadap perilaku campuran HRS B.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya terbatas pada pengaruh limbah tempurung kelapa sawit sebagai fraksi agregat halus (F2) yang lolos saringan no. 4 (4,76 mm) dan tertahan pada saringan no. 200 (0,074 mm) untuk benda uji Lataston, dengan jenis aspal keras AC 60 - 70.

1.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan sejauh mana limbah tempurung kelapa sawit dapat dipergunakan sebagai bahan Fraksi halus (F2) pada Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), sehingga jumlah limbah tempurung yang begitu banyak tidak terbuang percuma.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap agak hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphaltenes*, resin dan oils. *Asphaltenes* adalah bagian yang mempunyai berat jenis terbesar, resin mempunyai berat jenis sedang dan oils berat jenisnya paling kecil. Aspal pada lapis keras 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. Aspal keras atau *Asphalt Cement* (AC) adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan dan kualitas khusus. (Kerbs dan Walker, 1971).

Mengenai sifat dan jenis aspal yang digunakan adalah AC 60 -70 yang mempunyai nilai penetrasi antara 60-79 (0,1 mm), titik lembek berkisar antara 48°C - 58°C, titik nyalanya minimal 200°C, kehilangan berat maksimum 0,8 %, berat campuran kelarutan terhadap CCl₄ sebesar 99 % berat dan daktilitas/batas ulur mempunyai nilai > 100 cm.

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya prosentase aspal adalah suatu campuran perkerasan yang mempunyai komponen relatif mahal.

2.2. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya baik berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan (Penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan utama penyusun jalan. Pemilihan agregat yang sesuai untuk dipergunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan. (Kerbs and Walker, 1971).

Agregat bentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam (*Internal Friction*) yang tinggi dan saling mengunci (*Inter Locking*) sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras guna menghasilkan stabilitas yang tinggi ; disyaratkan bahwa minimum 40% dari agregat tertahan saringan No. 4 mempunyai paling sedikit satu bidang pecah. (Kerb and Walker, 1971). Agregat batu pecah yang butirannya sejauh mungkin harus mendekati bentuk kubus merupakan hasil mesin pemecah batu (*Stone Crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, berbentuk bidang rata sehingga *Interlocking* / saling mengunci akan lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat bentuk pecah ini lebih paling baik untuk digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

Butir yang berbentuk bulat kurang dapat saling mengunci dikarenakan bidang singgungan berupa titik, sedangkan agregat berbentuk pipih atau gepeng akan mudah patah oleh pemadatan ditambah bahwa butir yang lebih halus akan

sukar untuk didorong kebawah butir besar yang terletak pada sisi panjang butir tersebut.

Agregat dalam campuran lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan utama. Agregat berperan dalam mendukung dan meneruskan beban roda kendaraan ke lapis tanah dasar. Untuk itu persyaratan yang berkaitan dengan kemampuan meneruskan dan mendukung beban menjadi utama.

Menurut ukuran butirnya agregat dikelompokkan menjadi 2 (dua), antara lain :

1. Agregat kasar (F1)

Agregat yang digunakan bisa batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, merupakan agregat dengan ukuran terkecil terletak diatas saringan no.3 (6,35 mm) dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 (PB 0206-76) maksimum 40 %.
2. Kelekatan terhadap aspal (PB 0205-76) harus lebih besar dari 95%
3. Index kepipihan agregat (BS) maksimum 25 %
4. Minimum 50 % dari agregat kasar harus mempunyai sedikitnya satu bidang pecah
5. penyerapan air oleh agregat (PB 0202-76) maksimum 3 %
6. Berat jenis semu (apparent) agregat (PB 0202-76) minimum 2,50
7. Gumpalan lempung agregat maksimum 0,25 %

8. Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5 %

2. Agregat halus (F2)

Agregat halus harus berupa bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa berupa pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering. Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran lolos saringan no.4(4.76 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm) serta memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Nilai Sand Equivalent Agregat (AASHTO) minimum 50
2. Berat Jenis Semu (apparent) agregat (PB 0203-176) minimum 2,50
3. Dari pemeriksaan Atterberg (PB 0109-76), agregat harus non plastis.
4. Peresapan agregat terhadap air (PB 0202-76) max 3%

Menurut proses terbentuknya, yang dapat digunakan sebagai bahan jalan meliputi batuan dan bahan sisa/bekas khususnya untuk bahan sisa/bekas beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Kriteria penggunaannya
 - a. Jumlah bahan yang tersedia pada satu lokasi harus cukup (mis. 50.000 ton/tahun).
 - b. Jarak angkut yang pantas.
 - c. Bahan tidak bersifat terlalu toxic

4. Bahan tidak larut dalam air
2. Sumber dan bentuk bahan bekas.
 - a. Penambangan, sisa galian dan sisa hasil produksi.
 - b. Sisa dari produksi logam.
 - c. Sisa dari hasil produksi Industri
 - d. Sisa Municipal
 - e. Sisa dari pengolahan pertanian dan hasil hutan.
3. Klasifikasi
Diklasifikasikan sebagai bahan kelas I yaitu : Bahan yang berpotensi tinggi, karena karakteristik bahannya diproduksi secara alami/by product.
4. Karakteristik bahan
 - a. Tujuan penggunaan untuk teknis jalan
 - b. Bahan timbunan sebagai agregat (Sub Base, Base, Surface)
5. Persyaratan khusus.
 1. Tanpa bahan organik (kecuali untuk *wood waste*)
 2. Tidak *Swelling* dengan adanya air
 3. Tidak mengandung bahan yang larut air
 4. Tidak *Porous*

Dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai agregat halus (F 2) adalah limbah tempurung kelapa sawit.

2.3. Tempurung Kelapa Sawit

Tempurung kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu lebih kurang 60% dari produk minyak sawitnya. Tempurung tersebut merupakan 30% bagian dari buah kelapa sawit. (Dr. Ir. E. Gumbira Sa'id, MA, Dev).

Tempurung adalah merupakan bahan sisa/limbah dari suatu produksi minyak sawit. Sesuai dengan persyaratan agregat sebagai bahan jalan yang apabila ditinjau dari proses terbentuknya meliputi batuan dan bahan sisa/bekas serta ditinjau dari kriteria penggunaan, sumber, bentuk bahan bekas dan klasifikasinya maka, tempurung kelapa sawit dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus Fraksi II (F 2).

Tempurung yang digunakan sebagai agregat halus adalah yang telah dipisahkan dari kulit yang berserat dan ditumbuk dengan alat penumbuk. Tempurung yang telah ditumbuk kemudian disaring sesuai dengan persyaratan gradasi agregat Fraksi II (F 2). Untuk HRS agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan no. 4 (4,76 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074 mm).

2.4. *Filler*

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan No. 200. *Filler* atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga diantara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan No. 200 sehingga membuat rongga

udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar (David G. Tunnicliff, 1962).

Mineral *Filler* merupakan salah satu faktor penentu terhadap stabilitas, keawetan dan sifat mudah dikerjakan dari campuran Lataston.

2.5. Hot Rolled Sheet (HRS)

Menurut Bina Marga pada petunjuk pelaksanaan lataston No. 12/PT/B/1983, Hot Rooled Sheet (HRS) adalah campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*Filler*), dan aspal keras yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara padat dalam suhu tertentu (minimal 124°C). Jenis agregat yang digunakan terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*Filler*), sedangkan aspal yang digunakan biasanya jenis aspal keras jenis AC 60 - 70 dan AC 80 - 100. Pembuatan HRS dimaksud untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antara (*Binder*) pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi di bawahnya.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh suatu campuran lapis tipis aspal beton dijelaskan berikut ini.

2.5.1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah ketahanan/kemampuan dari suatu lapis keras untuk tidak berubah bentuk yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah *Friction*, *Cohesion* dan *Inertia*. Suatu lapis keras dapat dikatakan mempunyai stabilitas yang tinggi, apabila ketiga faktor tersebut

nilainya tinggi. *Friction* dari kelompok batuan (*Agregat Mass*) tergantung pada gaya gerak dalam antar partikel (*Interparticle Friction*) serta daya lekat (*Mass Viscosity*) dari aspalnya. (*The Asphalt Institute, 1983*)

2.5.2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas lapis keras adalah ketahanan lapis keras tersebut terhadap pengaruh cuaca dan beban lalu lintas. Faktor yang dapat mempertinggi durabilitas adalah jumlah aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, pemadatan yang benar, campuran aspal dan batuan yang rapat air, serat kekerasan dari batuan penyusun lapis perkerasan itu. (*The Asphalt Institute, 1983*).

2.5.3. Fleksibilitas (*flexibilitas*)

Fleksibilitas suatu campuran perkerasan menunjukkan kemampuan untuk menahan lendutan dan tekukan misalnya dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kecil dari lapisan di bawahnya terutama tanah dasarnya (*Subgrade*), tanpa mengalami keretakan. Untuk meningkatkan kelenturan, pemakaian agregat dengan gradasi terbuka sangat sesuai, tetapi dengan pemakaian tersebut akan didapatkan stabilitas yang tidak sebaik bila, menggunakan gradasi rapat. Sifat aspal terutama daktilitasnya sangat menentukan kelenturan perkerasan. Aspal yang mempunyai daktilitas rendah, maka dalam perkerasan akan menghasilkan suatu perkerasan yang fleksibilitasnya rendah. (*The Asphalt Institute, 1983*)

2.5.4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Yang dimaksud disini adalah kemampuan dari perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadi roda kendaraan selip atau tergelincir terutama

pada waktu permukaan jalan basah. Permukaan jalan yang kasar mempunyai nilai kekesatan yang lebih baik dari permukaan jalan yang halus. Permukaan jalan yang terlalu kasar menimbulkan gangguan kenyamanan karena bunyi yang timbul akibat sentuhan antara ban dengan permukaan jalan serta ban menjadi lebih mudah aus. *Skid Resistance* yang diperoleh dengan *Surface Texture* yang kasar. Permukaan perkerasan jalan yang mengalami bleeding *Skid Resistance* menjadi rendah. Oleh karena itu kadar aspal yang cukup dan masih tersedianya rongga udara (3 - 5 %) untuk pemuaian aspal akan membantu tercapainya nilai *Skid Resistance* yang optimum. (*The Asphalt Institute*, 1983).

2.5.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari Lapis Tipis Aspal Beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (*Rutting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

1. VITM (*Void in The Mix*) = Volume % rongga dalam campuran yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA (*Void in Mineral Agregat*) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan menjadi lebih fleksibel. (*Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Silvia Sukirman, 1993).

2.5.6. Kemudahan untuk dikerjakan (*Workability*)

Kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada pekerjaan perkerasan jalan. Sifat kemudahan ini penting, artinya karena pada pekerjaan pencampuran, pemadatan dan penghamparan dituntut waktu yang cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan. Apabila pemilihan bahan dan pencampurannya sesuai dengan rencana, biasanya pekerjaan penghamparan dan pemadatan akan berjalan dengan lancar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah.

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi rapat/baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat yang bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat *Thermoplastis*.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

2.5.7. Gradasi

Gradasi adalah suatu ketentuan untuk menentukan /menetapkan suatu bahan lapis perkerasan (agregat) sebagai agregat kasar, halus atau *filler*. Pada umumnya bahan agregat yang tersedia (dari hasil Stone Crusher) belum memenuhi persyaratan, maka perlu dilakukan usaha untuk dapat memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Adapun usaha untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan, cara tersebut antara lain.

1. *Aritmatical Methode*.

2. Grafikal Methode

3. Semi Grafical Methode

Untuk beton aspal Hot Rolled Sheet (HRS) gradasi yang digunakan adalah Gradasi senjang (*Gap Graded*). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada petunjuk pelaksanaan Lastaston yang tertuang dalam peraturan Bina Marga No. 12/PT/B/1983. (Bina Marga [1983a]), seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi Gradasi agregat HRS B

Ukuran Saringan (mm)	% berat lolos saringan
$\frac{3}{4}$ " (19,10)	97 - 100
$\frac{1}{2}$ " (12,70)	80 - 100
$\frac{3}{8}$ " (9,52)	69 - 88
# 4 (4,76)	65 - 80
# 8 (2,38)	55 - 70
# 30 (0,59)	19 - 70
# 80 (0,18)	5 - 38
# 200 (0,074)	2 - 10

Sumber : (Bina Marga [1983a])

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi di atas tanah dasar (*Subgrade*) yang berfungsi mendukung beban lalu lintas, kemudian menyebarkan ketanah dasar sehingga tidak menimbulkan tekanan lebih besar dari daya dukung izin tanahnya. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) seperti berikut ini.

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal.
 - b. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan bahan ikat sement portland (PC).
 - c. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.
- (S.Sukirman, 1992).

Dari ketiga jenis perkerasan tersebut, perkerasan lentur masih menjadi pilihan utama untuk digunakan, karena dirasa lebih menguntungkan dibanding dengan jenis perkerasan lainnya.

Pada prinsipnya konstruksi perkerasan lentur tersusun dari tiga bagian, yaitu lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*), lapis pondasi atas (*Base Course*) dan lapisan permukaan (*Surface Course*).

Konstruksi lapis perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia dewasa ini adalah konstruksi yang dikerjakan secara panas (*Hot Mix*) pada proses pencampuran, penghamparan maupun pemadatan.

Salah satu jenis konstruksi lapis perkerasan yang banyak dibangun pada saat ini adalah Konstruksi Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang di lapangan biasa dikenal dengan nama "HRS" (*Hot Rolled Sheet*).

3.2. Bahan Penyusun Perkerasan HRS B

Secara prinsip bahan penyusun perkerasan HRS B terdiri dari aspal dan agregat, keduanya dapat dicampur dalam keadaan panas dengan batasan-batasan tertentu sesuai dengan spesifikasinya dan syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusunnya.

3.2.1. Aspal Keras / Asphalt Cement (AC)

Bahan dasar utama aspal adalah *hidrocarbon* yang sering disebut dengan bitumen pada aspal beton. Aspal yang digunakan adalah aspal hasil residu dari destilasi minyak bumi yang sering disebut dengan aspal semen (AC). Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran beton aspal dan memberikan lapisan kedap air, tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam.

Aspal semen pada temperatur ruang ($25^{\circ} - 30^{\circ} \text{ C}$) berbentuk padat, pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25° C ataupun berdasarkan nilai Viscositasnya.

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

1. *Reologic*, yaitu hubungan antara tegangan dan regangan dipengaruhi oleh waktu.
2. *Thermoplastic*, maksudnya adalah *viscositas* aspal berubah-ubah sejalan dengan berubahnya temperatur, pada suhu yang tinggi *viscositas*-nya rendah, aspal akan dapat menyelimuti batuan dengan baik dan rata tetapi jika pemanasan berlebihan akan mengakibatkan molekul-molekul yang ringan akan menguap, sehingga akan merusak sifat aspal yaitu aspal akan cepat mengeras / getas. Sebaliknya dengan pemanasan yang kurang, *viscositas* aspal tinggi (kental), sehingga aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara menyeluruh sehingga daya ikatnya dengan batuan menjadi kurang dan penyerapan oleh batuan juga kurang. Hal ini memudahkan *stripping proses*, yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh dari air. (**Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman 1993**)

Untuk menghasilkan lapis keras yang baik maka fase-fase konsistensi saat pelaksanaan HRS adalah sebagai berikut ini.

- a. Agregat dipanaskan maksimum 175° C.
 - b. Temperatur aspal \leq temperatur agregat, dengan perbedaan maksimum 15°C.
 - c. Temperatur campuran ditentukan oleh jenis aspal, untuk AC 60-70 adalah 130° - 165° C.
 - d. Temperatur pemadatan awal minimum 120° C.
 - e. Temperatur pemadatan akhir minimum 60° C.
 - f. Temperatur penghamparan minimum 124° C.
3. *Durability*, yaitu daya tahan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya terhadap perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh cuaca maupun karena *processing*. Ini semua dapat dilihat dari daya tahannya menjadi keras sesuai dengan berjalannya waktu (*Resistence to Hardening With Time*), faktor-faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah :
- a. Oksidasi (*Oxidation*), adalah reaksi antara aspal dengan udara, proses ini tergantung pada temperaturnya, misalnya pada *air blowing process*, yaitu saat aspal dihembus udara pada temperatur tinggi dapat menyebabkan sifat aspal kurang peka terhadap oksidasi sehingga akan terbentuk suatu lapis film yang keras. Lapis film ini sangat tipis sehingga jika terjadi retak-retak maka oksidasi akan terjadi lagi, demikian seterusnya. Lapis tipis ini mengandung komponen yang larut dengan air,

sehingga jika ia melewatinya lapis tipis ini akan ikut terbawa. Akibatnya proses oksidasi inilah yang mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam konstruksi lapis keras. Dengan gradasi yang rapat dan kepadatan yang baik maka dapat dihindarkan masuknya air dan udara kedalam konstruksi sehingga proses oksidasi dapat dikurangi semaksimal mungkin.

b. *Volatilization*, adalah proses penguapan (*evaporasi*) bagian-bagian aspal yang memiliki berat molekul kecil. Jika aspal terlalu banyak kehilangan bagian yang memiliki molekul aspal kecil maka aspal akan mengeras seiring berjalannya waktu.

Proses *Volatilization* ini dipercepat dengan cara :

- 1). Pemanasan aspal dengan suhu yang terlalu tinggi
- 2). Pengadukan aspal pada keadaan panas
- 3). Pemanasan pada suhu tinggi dengan rentang waktu yang lama

c. *Polymerization*, adalah penggabungan molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar.

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, bagian labil yang cenderung membentuk molekul yang lebih besar, yang berubah menjadi *asphaltense*. Akibat perubahan ini aspal menjadi keras dan mudah mengalami retak-retak.

d. *Thixotropy*, adalah perubahan *viscositas* aspal, jika aspal tidak mendapatkan tegangan, peristiwa ini berlangsung

pada komposisi kimia yang sama. Hal ini dapat dihilangkan dengan cara memberikan beban pada aspal.

- e. *Separation*, adalah pemisahan *resins* atau *oils* atau *asphaltense* dari aspalnya. Peristiwa ini dapat terjadi pada waktu berlangsungnya proses pencampuran agregat dengan aspal, yaitu pada saat penyerapan selektif aspal oleh agregat.

Jadi jika yang diserap adalah *resins* atau *oils*-nya, aspal yang tertinggal akan mengeras. Sebaliknya jika yang diserap *asphaltense*-nya aspal akan bertambah lunak.

- f. *Synerisis*, adalah istilah yang menunjukkan adanya kenampakan noda-noda pada permukaan aspal. Noda ini disebabkan oleh terjadinya suatu pembentukan baru dalam aspal dan struktur baru tersebut terbentuk dipermukaan aspal.

Struktur baru ini umumnya merupakan bagian yang memiliki berat molekul yang besar dan yang menyebabkan aspal dibagian permukaan menjadi keras. *Synerisis* terjadi dengan ditandai noda-noda pada permukaan aspal dengan warna yang tidak homogen.

3.2.2. Agregat

Permeabilitas suatu campuran, sangat menentukan daya tahan lapis perkerasan, tidak saja bergantung pada kandungan volume rongga udara tapi juga ditentukan pula oleh gradasi agregatnya. Gradasi atau distribusi butiran

berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan, gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga udara antar butiran yang akan menentukan stabilitas.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Saringan paling kasar diletakkan di atas dan saringan yang paling halus diletakkan paling bawah dan dibawahnya diletakkan pan.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, kebersihan dan sifat kimia. (*Kerhs and Walker, 1971*)

1. Ukuran dan gradasi

The Asphalt Institute (*E 3-1, 1983*) mengelompokkan agregat menjadi 4 (empat) fraksi, yaitu :

- a). Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No.8 (2,36)
- b). Agregat halus, batuan yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 30. (0,60).
- c). Mineral pengisi, batuan yang lolos saringan No. 30 (0,60 mm)
- d). Mineral debu (*Filler*) fraksi agregat halus lolos saringan No. 200 (0,074 mm)

Untuk ukuran komposisi yang tepat sesuai dengan persyaratan yang ada maka untuk Lataston saringan yang digunakan adalah . $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , #3, #4, #8, #30, #80 dan #200.

Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*), gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran butiran yang hampir sama atau mengandung atau yang mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapis perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volumu kecil.
- b. 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.
- c. Gradasi senjang (*Poorly Gap Graded*), agregat buruk merupakan campuran agregat yang tidak termasuk dua jenis agregat diatas yang merupakan agregat dengan satu atau beberapa fraksi tidak disertakan.

Untuk lapis Hot Rolled Sheet (HRS) B, gradasi yang digunakan adalah gradasi senjang (*gap graded*). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Petunjuk Pelaksanaan Lataston No. 12/PT/B/1983.

2. Kekerasan Batuan (*Strengths*)

Batuan yang digunakan untuk konstruksi lapis perkerasan harus cukup keras, tetapi juga disertai dengan kekuatan terhadap pemecahan (*degradasi*) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, penghampanan, pemadatan repitisi

beban lalu lintas dan penghancuran batuan (*desintegrasi*) selama masa pelayanan jalan tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yaitu :

- a. Agregat yang lunak mengalami *degradasi* yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
- b. *Gradasi* terbuka mempunyai tingkat *degradasi* yang lebih besar dari pada gradasi timpang.
- c. Partikel bulat akan mengalami *degradasi* yang lebih kecil dari pada partikel yang bersudut.
- d. Energi pemadatan yang lebih besar akan mengakibatkan *degradasi* pada butiran agregat.

Untuk menguji kekuatan /kekerasan batuan digunakan alat *Los Angeles Abrasion Test*, yaitu metode pengujian ketahanan batuan terhadap benturan (*impact*) dan keausan (*abrasion*). Persyaratan nilai keausan batuan untuk *surface course* maksimum 40%, sedangkan untuk menguji ketahanan terhadap cuaca/penghancuran (*desintegrasi*) digunakan *soundness test*, agregat dengan *soundness test* lebih kecil 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap cuaca dan dapat digunakan untuk lapis perkerasan.

3. Bentuk (Shape)

Bentuk butiran adalah faktor yang sangat penting untuk mendapatkan gaya gesak antara batuan dan perkerasan, disamping itu bentuk butiran juga berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar akan menghasilkan sudut dalam yang besar daripada bentuk butiran yang

permukaannya halus, dengan adanya ikatan yang baik antar partikel maka perkerasan akan mampu menahan deformasi yang timbul akibat beban lalu-lintas yang terjadi.

4. Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan dari bahan batuan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Batuan kasar (*rough*), memberikan *internal friction*, *skid resistance* serta kelekatan aspal yang baik pada campuran, biasanya batu pecah mempunyai surface tekstur yang kasar.
- b. Batuan halus (*smooth*), mudah dilapisi aspal tetapi *internal friction* dan kelakatannya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar.
- c. Batuan mengkilat (*polished*) memberikan *internal friction* yang rendah sekali dan sulit dilekati aspal.

5. Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan dan pemakaian aspal dalam campuran. Semakin banyak pori batuan maka semakin kecil kekuatan dan kekerasannya, serta memerlukan aspal lebih banyak, selain itu pori batuan banyak mengandung air, dan air ini akan sulit dihilangkan, sehingga mengganggu kelekatan antara aspal dengan batuan.

6. Kelekatan terhadap aspal.

Faktor-faktor yang berpengaruh adalah *surface texture*, *surface coating*, *surface area*, porositas dan reaktifitas kimiawi. Lekatan aspal pada batuan dan merupakan ikatan yang jika aspal mengandung asam tertentu dan batuan merupakan basa *lime stone*.

7. Kebersihan .

Bersihnya permukaan batuan dari bahan-bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangatlah penting, bahan-bahan tersebut dapat berupa lumpur, zat organik , partikel lempung dan lain sebagainya, karena substansi tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan.

8. Sifat kimiawi permukaan.

Keadaan ini dipengaruhi oleh keadaan batuannya, agregat yang bersifat basa biasanya akan lebih mudah dibasahi aspal dari pada air (*hidrophobic*), hal ini terjadi karena muatan listrik pada agregat adalah muatan listrik positif. Jika muatan listrik pada permukaan agregat adalah negatif maka agregat ini berupa asam maka akan mudah dibasahi air daripada aspal (*hidrophilic*). Pengenalan jenis muatan pada permukaan agregat ini penting, karena sekarang tersedia jenis aspal baik yang *kationik* (muatan listrik positif) maupun *anionik* (muatan listrik negatif) yang dapat dipilih sesuai dengan jenis agregatnya.

3.3. Kadar Aspal Dalam Campuran

Aspal dalam campuran berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat. Aspal sebagai hasil alam maupun sebagai hasil penyaringan, mempunyai sifat-sifat tersendiri khususnya sifat peka terhadap perubahan temperatur.

Penggunaan aspal dalam campuran sangat menentukan tingkat kedekatan campuran terhadap air dan udara. Semakin banyak kadar aspal dalam campuran maka semakin rapat campuran tersebut, karena rongga campuran terisi oleh aspal. Sebaliknya bila kadar aspal terlalu sedikit, maka campuran akan kurang rapat karena masih banyak rongga yang kosong. Tetapi dengan kadar aspal yang berlebihan akan mengakibatkan naiknya aspal ke permukaan Lapis Keras bersama dengan naiknya temperatur disekitarnya, hal ini tentu akan menimbulkan kerusakan pada lapis permukaan.

3.4. Tempurung Kelapa Sawit

Penelitian-penelitian tentang pemanfaatan limbah padat kelapa sawit untuk dijadikan produk yang mempunyai nilai tinggi telah banyak dilakukan. Walaupun demikian tinjauan secara komersial sangat sedikit.

Limbah padat kelapa sawit yang tersedia adalah berupa tandon kosong, pelepah dan batang kelapa sawit. Ketiga jenis limbah padat ini mengandung *Lignosellulose* yang mungkin dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk-produk serat. Sebenarnya masih ada dua limbah lagi yaitu cangkang biji (tempurung) dan serabut buah.

Produk yang terpenting dari tempurung kelapa sawit ini ialah arang. Arang tempurung kelapa sawit ini banyak digunakan dinegara produsen sebagai bahan bakar (kalor bakar 7500-7600 kal/g berat kering) dan biasanya untuk bahan bakar dalam dapur pengering, tetapi lebih umum dipakai dalam dapur penempaan logam, binatu, pabrik roti. Sejumlah bahan tersebut juga diekpor ke negara-negara industri untuk diolah menjadi arang aktif.

Kelebihan dari tempurung kelapa sawit ini sering digunakan dalam pembuatan jalan, untuk bahan bangunan dan papan. Tempurung kelapa sawit mengandung kadar protein yang relatif tinggi. Abu dari tempurung kelapa sawit dapat dipakai sebagai pengganti pupuk kalium, karena tempurung kelapa sawit mengandung sekitar 0,32 % K_2O / ekuivalen dengan 52,2 % Kalium dalam abu . Berikut ini ditampilkan komposisi kimia tempurung kelapa sawit dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa Sawit

Komposisi Kimia	Jumlah (%)
1. Kadar Abu	0,23
2. Lignin	33,30
3. Selulosa (serat)	44,98
4. Pentosan	17,67
5. Selulosa	27,31
6. Methoxyl	5,39

Sumber: Dirjen Perkebunan Departemen Pertanian Jakarta 1982

Dibawah ini ditampilkan perbandingan komposisi unsur kimia yang terdapat di dalam kelapa sawit (dalam bentuk abu) dan komposisi unsur kimi yang terdapat di dalam batuan dalam Tabel. 3.2

Tabel 3.2. Komposisi Kimia dari abu tempurung Kelapa sawit

Komposisi Kimia	Jumlah (%)
1. Abu	0,29
2. K_2O	45
3. Na_2O	15,4
4. CaO	6,3
5. MgO	1,3
6. P_2O_5	4,6
7. Fe_2O_3, Al_2O_3	1,4
8. SO_3	5,8
9. SiO_2	4,6

Sumber: Dirjen Perkebunan Departemen Pertanian Jakarta 1982

Untuk lebih jelasnya berapa besar perbandingan unsur kimia yang terkandung di batuan dengan yang terkandung dalam tempurung maka dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel. 3.3 Komposisi Kimia batuan dalam %

Senyawa	Granit	Diorit	Basal	Garbo	Peridotit	Riolit	TKS
SiO_2	72,08	51,86	50,83	48,36	43,54	73,66	4,6
TiO_2	0,37	1,50	2,03	1,32	0,81	0,22	--
Al_2O_3	13,86	16,40	14,07	16,84	3,99	13,45	1,4
Fe_2O_3	0,86	2,73	2,88	2,55	2,51	1,25	1,4
MnO	0,06	0,18	0,18	0,18	0,21	0,03	--
MgO	0,52	6,12	8,06	8,06	34,02	0,32	1,3
CaO	1,33	8,40	11,07	11,07	3,46	1,13	6,3

Sumber : Dirjen Bina Marga dan Dirjen Perkebunan Dep. Pertanian Jakarta

Melihat dari komposisi kimia pada Tabel 3.1 dan 3.3 maka dapat diasumsikan bahwa tempurung kelapa sawit dapat dijadikan sebagai bahan untuk lapis perkerasan (HRS B) pada Fraksi II (F II).



BAB IV

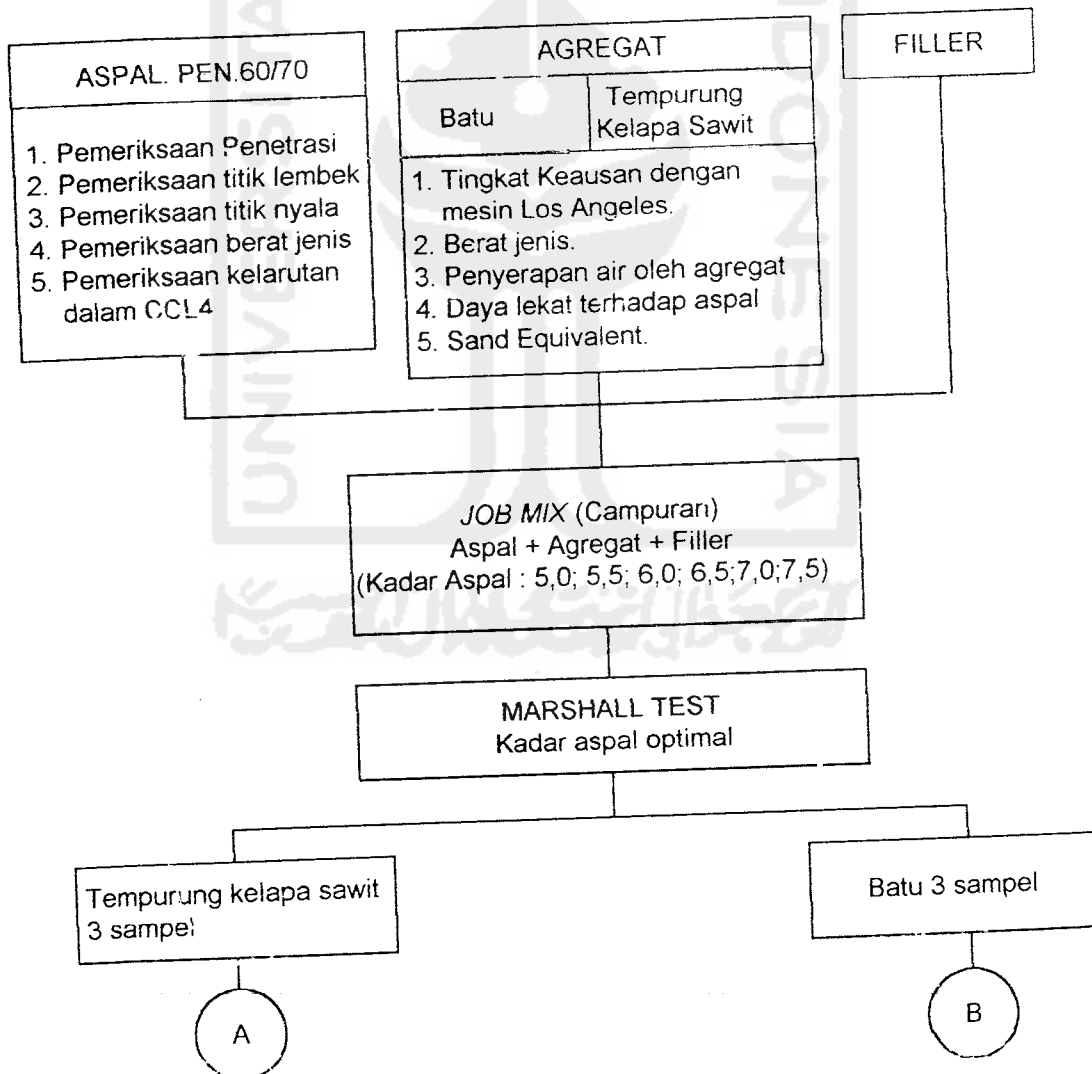
HIPOTESIS

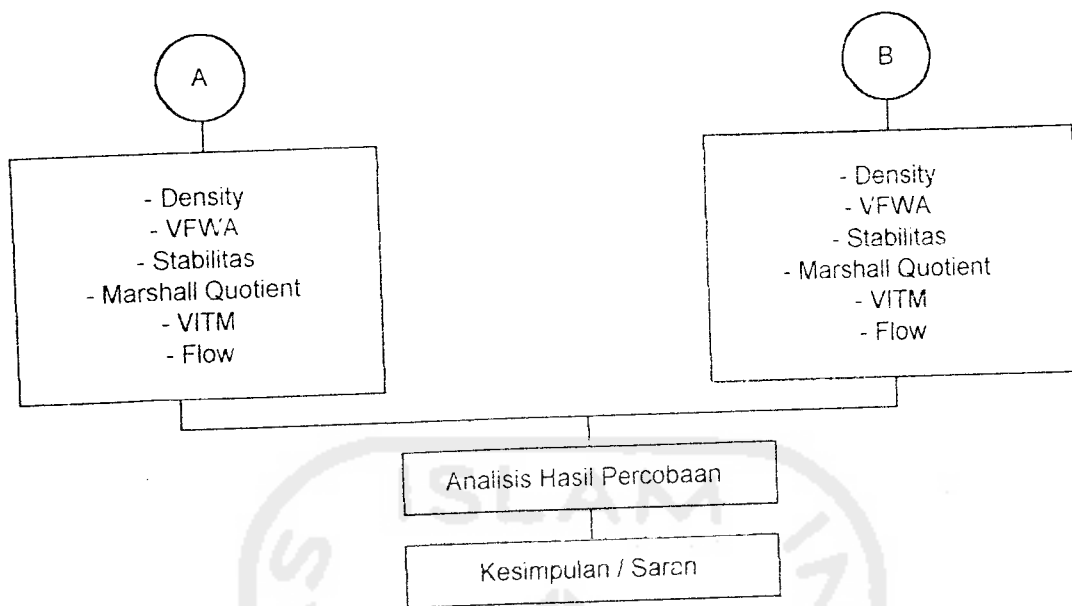
Limbah tempurung kelapa sawit dilihat secara visual mempunyai pecahan tajam-tanjam dan kekerasannya sama dengan batu, diharapkan tempurung kelapa sawit tahan terhadap pembebanan serta gesekan dengan demikian maka tempurung akan mempunyai campuran yang berkualitas untuk dapat dipergunakan sebagai komponen agregat halus (Fraksi F II) dalam campuran Lapis Tipis Aspal Beton dengan gradasi yang ideal sesuai persyaratan Bina Marga.

BAB V METODE PENELITIAN

5.1. Diagram Alir Kegiatan Laboratorium

Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan / material (agregat, aspal, Filler), perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan metode *Marshall* dapat dilihat pada bagan alir kegiatan penelitian laboratorium dibawah ini.





Gambar 5.1 Diagram Alir Penelitian

5.2. Bahan

5.2.1. Asal bahan

Bahan - bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal. Agregat pecah yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan batuan hasil dari produksi *stone crusher* PT. Perwita Karya, Piyungan Yogyakarta yang diambil dari *quarry clereng*, Kulon Progo dan bahan pengisi / *filler* diambil dari abu batu dari sampingan *stone crusher* PT. Perwita Karya, Piyungan, Yogyakarta, aspal diperoleh dari PT. Perwita Karya, Piyungan Yogyakarta, sedang tempurung kelapa sawit diambil dari PT. Supra Mitra Abadi, Sigambal, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Pada penelitian ini aspal yang dipergunakan adalah jenis aspal keras yaitu AC 60 - 70 produksi pertamina.

5.2.2. Persyaratan dan Pemeriksaan Bahan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji terlebih dahulu dilaboratorium untuk mendapatkan bahan penelitian yang berkualitas. Pengujian yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Pemeriksaan agregat.

Pemeriksaan agregat yang dilakukan terdiri dari :

a. Pemeriksaan abrasi .

Ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi dengan mesin *Los Angeles Abrasion Test* berdasarkan standarisasi Bina Marga PB. 0206. 76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antar partikel dan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Nilai abrasi lebih besar dari 40% menunjukkan agregat tidak mempunyai keausan yang cukup untuk digunakan sebagai lapis perkerasan.

b. Pemeriksaan berat jenis (*specific gravity*).

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dengan volume agregat. Untuk mendapatkan volume agregat digunakan air suling (*aquades*). Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur Bina Marga PB. 0202. 76 dengan persyaratan minimum 2,5. Besarnya berat jenis

agregat penting untuk diketahui karena perancangan campuran agregat dengan aspal berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

c. Pemeriksaan Penyerapan Agregat Terhadap Air.

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

d. Pemeriksaan kelekatan aspal terhadap agregat.

Pemeriksaan dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga PB. 0205. 76 kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam prosentase luas permukaan agregat dan besarnya minimal 95%.

e. Pemeriksaan *Sand Equivalent*.

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kadar debu atau bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. *Sand Equivalent Test* dilakukan untuk agregat yang lolos saringan no. 4 sesuai prosedur PB. 0203. 76. Nilai yang disyaratkan minimum 50%, adanya lempung sangat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara

mengakibatkan luas permukaan yang harus diselimuti aspal menjadi bertambah.

f. Analisa Saringan.

Agregat yang akan diuji, disaring dengan menggunakan saringan $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4, #8, #30, #80, #200, yang kemudian dipisahkan menurut ukuran saringan dan jenis agregat. Dari penyaringan ini ditimbang berat tertahan untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat yang telah ditetapkan.

2. Pemeriksaan Aspal.

Aspal yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan.

Pemeriksaan aspal adalah sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Penetrasi.

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

b. Pemeriksaan Titik Lembek (*Softening point test*).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari temperatur pada saat aspal menjadi lunak. Pemeriksaan ini menggunakan lapisan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat 3.5 gr. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam

cincin yang diletakkan horizontal didalam larutan air atau liserin yang dipanaskan secara teratur, sehingga aspal menjadi lembek dan jatuh pada ketinggian 1 inci (2,54 cm) dari plat dasar. Pemeriksaan mengikuti prosedur Bina Marga PA. 0302. 76 dengan nilai yang disyaratkan 48°C sampai 58°C.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu aspal pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal dan suhu pada saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Pemeriksaan ini mengikuti prosedur Bina Marga PA. 0303. 76, dengan besarnya nilai yang disyaratkan minimum 200°C.

d. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat dengan volume aspal, dalam penelitian ini mendapatkan volume aspal digunakan air suling. Prosedur pemeriksaan mengikuti prosedur Bina Marga PA. 0307. 76 dengan nilai yang disyaratkan sebesar minimal 1 gr/cm³. Berat jenis aspal digunakan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

e. Pemeriksaan Larutan dalam CCl₄ (*solubity test*).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam *carbon tetra clorid*. Jika semua bitumen yang diuji larut dalam

larutan CCl₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti standar Bina Marga PA. 0305. 76.

5.3. Perencanaan Campuran.

5.3.1. Gradasi Agregat Ideal.

Gradasi ideal merupakan nilai tengah dari spesifikasi teknis HRS B (*Hot Rolled Sheet*). Pada penelitian ini dibuat beberapa campuran dengan kadar aspal yang bervariasi, untuk batuan kadar aspal dari 5,5% - 7,5% (dengan interval 0,5%) sedangkan untuk tempurung kelapa sawit dengan kadar aspal 5% - 7% (dengan interval 0,5%). Untuk mencari kadar aspal optimum campuran batuan dibuat masing-masing kadar aspal 2 sampel, sedangkan untuk mencari kadar aspal optimum campuran tempurung kelapa sawit masing-masing kadar aspal 3 sampel. Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum dari batuan dan tempurung kelapa sawit, maka nilai ini dipakai untuk mencari Density, VFWA, Stabilitas, Marshal Quotient, VITM, Flow dari campuran aspal dengan batuan dan campuran aspal dengan tempurung kelapa sawit masing-masing 3 sampel. Pada penelitian ini jumlah sampel batuan ($2 \times 5 = 10 + 3 \rightarrow 13$ sampel), sedangkan jumlah sampel pada tempurung kelapa sawit ($3 \times 5 = 15 + 3 \rightarrow 18$ sampel). Jadi jumlah keseluruhan menjadi 31 sampel.

5.4. Cara Melakukan Pengujian.

Benda uji yang telah dibuat, kemudian diuji dengan alat *Marshall Test* dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Benda uji diberi tanda pengenal.
3. Setiap benda uji diukur tingginya sebanyak 3 kali pada tempat yang berbeda kemudian dirata-rata dengan ketelitian 0,1 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya
5. Direndam didalam air selama 16-24 jam agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh air, kemudian ditimbang dalam air agar mendapatkan berat didalam air.
7. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, kemudian dikeringkan dengan kain dan ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
8. Benda uji direndam dalam *wather batch* pada suhu 60°C.
9. Kepala alat penekan Marshall dibersihkan dan pada permukaannya diberi faselin atau oli untuk memudahkan pelepasan benda uji.
10. Benda uji dikeluarkan dari *wather Batch* dan segera diletakkan di bawah segmen bawah kepala penekan, segmen atas kepala penekan dimasukan pada batang penuntun, kemudian kepala penekan diletakan diatas mesin penguji.
11. Arloji kelelehan (*Flow meter*) dipasang pada kedudukan diatas salah satu batang penuntun

12. Kepala penekan beserta benda uji dinaikan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian kedudukan alat penguji dikalibrasi pada angka nol.
13. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelehannya (*Flow Meter*).
14. Setelah pembebanan selesai, sampel dikeluarkan dan dapat dilakukan pengetesan terhadap benda uji selanjutnya.

5.5. Tinjauan Hasil Uji.

Dalam penelitian ini dievaluasi penggunaan tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus (F2) dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga.

5.5.1. Stabilitas.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan dalam menahan terjadinya deformasi akibat beban lalu lintas. Stabilitas yang rendah akan mengakibatkan terjadinya deformasi oleh beban lalu lintas, sebaliknya dengan stabilitas yang tinggi akan menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku.

5.5.2. Flow.

Flow menyatakan besarnya deformasi (penurunan vertikal) benda uji. Campuran yang mempunyai angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi akan

cenderung kaku dan tidak mudah berubah bentuk bila mendapatkan beban lalu lintas.

5.5.3. VITM (Void In The Mix).

VITM adalah volume pori dalam campuran, VITM yang kecil akan memungkinkan terjadinya *bleeding*, karena sedikitnya rongga menyebabkan sempitnya rusng gerak aspal sasat terjadi pemanasan pada perkerasan sehingga aspal akan naik kepermukaan.

5.5.4. VFWA (Void filled with asphal).

VFWA adalah volume pori yang terisi oleh aspal, nilai VFWA akan menentukan keawatan suatu perkerasan yang dipengaruhi oleh jumlah aspal yang digunakan. Jika aspal yang digunakan terlalu banyak maka rongga udara akan semakin kecil, oleh karenanya perlu dicari nilai kadar aspal optimum.

5.6. Proses Mendapatkan Hasil Uji.

Data yang akan digunakan dalam analisis, diperoleh dari hasil percobaan dari laboratorium, adalah sebagai berikut ini.

1. Titik lembek aspal ($^{\circ}\text{C}$).
2. Penetrasi aspal.
3. Berat campuran sebelum direndam air (gram).
4. Berat dalam keadaan jenuh air (gram).
5. Berat dalam air (gram).
6. Tebal benda uji (mm).

7. Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
8. Pembacaan kelelahan atau *Flow* (mm).

Dalam menentukan nilai-nilai VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*void Filled With Asphalt*), Stabilitas, kelelahan (*Flow*) diperlukan data-data lain seperti :

1. Berat jenis aspal

$$Bj \text{ aspal} = \frac{\text{berat}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots (5.1)$$

2. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat adalah merupakan gabungan dari BJ agregat kasar dan berat jenis agregat halus yang sesuai dengan prosentase fraksi-fraksi dalam campuran. Fraksi I merupakan agregat kasar, Fraksi II merupakan agregat halus dan Fraksi III adalah sebagai filler. Sehingga BJ agregat dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$Bj \text{ agregat} = \frac{X(Bj.F1) + Y(Bj.F2)}{100} \dots\dots\dots (5.2)$$

dengan :

X = Prosentase fraksi I dalam campuran

Y = Prosentase fraksi II dalam campuran

$F1$ = Berat jenis agregat kasar

F_2 = Berat jenis agregat halus

Selanjutnya nilai-nilai VFWA, VITM, Stabilitas dan Flow dapat dihitung berdasarkan data tersebut diatas dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Didapat dengan terlebih dahulu dengan menghitung nilai-nilai dari rumus 5.3 - 5.9.

a. Prosentase aspal terhadap campuran dengan rumus :

$$b = 100 \left(\frac{a}{100 + a} \right) \dots\dots\dots(5.3)$$

dengan :

g = berat isi benda uji

a = prosentase aspal terhadap batuan dan tempurung

b = prosentase aspal terhadap campuran

b. Isi benda uji dengan rumus :

$$f = d - e \dots\dots\dots(5.4)$$

dengan :

f = Isi (ml)

d = berat dalam keadaan jenuh

e = berat dalam air

c. Berat isi benda uji dengan rumus :

$$g = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(5.5)$$

dengan :

g = berat isi benda uji

e = berat benda uji sebelum direndam

f = isi (ml)

d. Prosentase rongga terhadap agregat dengan rumus :

$$l = 100 - j \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

dengan :

$$j = \frac{(100-b) g}{B_j \text{ agregat}} \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

dari data diatas dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$\text{VFWA} = 100 \left(\frac{i}{l} \right) \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

$$i = \frac{b \cdot g}{B_j \text{ agregat}} \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

l = prosen rongga terhadap agregat

2. Nilai VITM (*Void in The Mix*)

Dihitung berat jenis maksimum teoritis menggunakan rumus 5.10 - 5.11:

$$h = \frac{100}{\left(\frac{\% \text{ agregat}}{B_j \text{ Agregat}} \right) + \left(\frac{\% \text{ Aspal}}{B_j \text{ Aspal}} \right)} \quad \dots\dots\dots (5.10)$$

dengan :

g = berat isi benda uji

h = berat maksimum teoritis

3. Nilai stabilitas

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukan nilai

kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji, untuk ini dipergunakan bantuan tabel seperti ditunjukkan pada Tabel Angka koreksi Stabilitas terdapat pada lampiran 1.

Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

$$q = p \cdot z \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

dengan :

q = harga stabilitas

z = koreksi tebal benda uji

p = koreksi pembacaan arloji stabilitas

4. Nilai kelelahan

Nilai kelelahan didapat dari pembacaan arloji kelelahan (*Flow meter*) dalam satuan 0,01 mm.

5. Nilai *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* di dapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan *flow*

5.6.1 Pengujian Benda Uji

1. Marshall Methode

Campuran Lapis Tipis Aspal Beton dengan agregat kasar dari hasil Stone Crusher, limbah tempurung kelapa sawit sebagai fraksi halus serta *filler* setelah dicampur dengan aspal dan dipadatkan, dilakukan pengetesan dengan *Marshall Methode*.



2. Spesifikasi Bahan

Persyaratan bahan menggunakan spesifikasi seperti yang telah ditetapkan dalam petunjuk pelaksanaan Lataston No. 12/PT/B/1983, Departemen pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga.

Adapun jenis bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

- a. Aspal keras jenis AC 60 - 70
- b. Agregat kasar
- c. Agregat halus (Tempurung kelapa sawit)
- d. *Filler*

Tabel 5.1 Spesifikasi agregat kasar batu pecah.

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> .	≤ 40	%
2	Kelekatan terhadap Aspal	≥ 95	%
3	Penyerapan agregat terhadap air	≤ 3	%
4	Berat Jenis Semu	$\geq 2,5$	

Sumber : Lataston No. 13 PT/B/1983

Tabel 5.2 Spesifikasi Agregat halus

N0	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Penyerapan agregat terhadap air	$\leq 3 \%$	%
2	Berat Jenis	$\geq 2,5$	

Sumber : Lataston no. 12/PT/B/1983

Tabel 5.3 Spesifikasi LATASTON

No.	Jenis pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Stabilitas	Min 750	Kg
2	Kelelahan	2.0 - 4.0	mm
3	QM	-	Kg/m
4	Rongga dalam campuran	3 - 5	m
5	Rongga terisi aspal	75 - 82	%

Sumber : Lataston no. 12/PT/B/1983

5.7 Alat yang digunakan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

5.7.1. Alat tekan Marshall yang terdiri dari :

1. Kepala penekan yang berbentuk silinder
2. Cincin penguji yang berkapasitas 2.500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji penekan dengan ketelitian, 0,0001".
3. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01").

5.7.2. Cetakan benda uji

Berbentuk silinder, diameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan plat atas dan leher sambung

5.7.3. Ejektor

Untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan

5.7.4. Oven

Yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi bahan sampai $(200 \pm 3)^\circ\text{C}$.

5.7.5. Alat penumbuk

Yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.

5.7.6. Bak perendam (*Water Batch*)

Dilengkapi pengatur suhu minimum 20°C

5.7.7. Perlengkapan - perlengkapan lain seperti :

1. Panci untuk memanaskan bahan campuran
2. Kompor pemanas dengan kapasitas 1000 watt
3. Thermometer berkapasitas 400°C
4. Sendok pengaduk
5. Spatula
6. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
7. Sarung tangan karet
8. Kipas angin dan perlengkapan lainnya

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN KESULITAN-KESULITAN

6.1. Hasil Penelitian

Spesifikasi HRS No. 12/PT/B/1983 (Bina Marga [1983a]) dan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dicantumkan pada Tabel 6.1 dan 6.2.

Tabel 6.1. Spesifikasi dan hasil pemeriksaan agregat kasar Batu Pecah

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan dengan Hasil Los Angeles	Maximum 40 %	37,46 %
2	Kelekatan terhadap aspal	> 95 %	97 %
3	Penyerapan agregat terhadap air	Max 3 %	2,02 %
4	Berat Jenis Bulk	2,5	2,5341

Sumber : HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya

Jurusan Sipil FTSP UII

Tabel 6.2 Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	Minimum 50 %	63,5 %
2	Penyerapan Agregat terhadap air	Maximum 3 %	1,8329 %
3	Berat Jenis semu	Minimum 2,5	2,8218

Sumber : HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya

Jurusan Sipil FTSP UII

Tabel 6.3 Spesifikasi dan Hasil Penelitian agregat Kasar Tempurung Kelapa Sawit

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Penyerapan Agregat terhadap air	Maximum 3 %	12,759 %
2	Berat Jenis semu	Minimum 2,5	1,46
3	Keausan dengan hasil Los Angles	Maximum 40 %	2,32 %
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	> 95 %	100 %

Sumber : HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya Jurusan Sipil FTSP UII

Tabel 6.4 Spesifikasi dan Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Tempurung K Sawit

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Nilai Sand Equivalent	Minimum 50 %	63,5
2	Penyerapan Agregat terhadap air	Maximum 3 %	12,359 %
3	Berat Jenis semu	Minimum 2,5	1,46

Sumber : HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya Jurusan Sipil FTSP UII

Tabel 6.5 Presentase pemakaian agregat pada TKS

No	Persen Aspal	F ₁	F ₂	F ₃
1	5,0 %	38,892	45,178	8,485
2	5,5 %	38,588	44,825	8,419
3	6,0 %	38,285	44,474	8,352
4	6,5 %	37,984	44,126	8,288
5	7,0 %	37,685	43,778	8,222

6.1.1. Hasil Pemeriksaan Aspal

Spesifikasi HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian dalam tabel 6.5.

Tabel 6.6 Spesifikasi dan hasil Pemeriksaan Aspal AC 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Minimum	Maksimum	Hasil	Satuan
1	Penetrasi	60	79	67,5	0,1 mg
2	Titik Lembang	40	58	48	° C
3	Titik Nyala	200	-	332	° C
4	Titik Bakar	-	-	349	%
5	Kelarutan CCl ₄	99	-	99,098	% berat
6	Daktalitas	100	-	121	cm
8	Berat Jenis	1	-	1,036	

Sumber : HRS No. 12/PT/B/1983 dan hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya
Jurusan Teknik Sipil FTSP UII

6.1.2. Hasil Penelitian campuran Hott Rolled Sheet (HRS)

Contoh hitungan Test Marshall dengan kadar aspal 6,5 % dengan agregat halus Tempurung Kelapa Sawit.

a = Persen aspal terhadap batuan

$$= 10,622 \%$$

b = Persen aspal terhadap campuran

$$= \left(\frac{a}{100 + a} \right) 100 \% = 6,5$$

c = Berat sebelum direndam

$$= 831,833 \text{ gr}$$

d = Berat dalam keadaan jenuh

$$= 858,167 \text{ gr}$$

e = Berat dalam air

$$= 333,333 \text{ gr}$$

f = Isi benda uji

$$= d - e = 524,834 \text{ ml}$$

g = Berat isi benda uji

$$= \frac{c}{f} = 1,587 =$$

h = BJ agregat pada campuran

$$= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{B.J. \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B.J. \text{ aspal}}} = \frac{100}{\frac{93,5}{1,188} + \frac{6,5}{1,036}} = 2,359 \text{ gr / cc}$$

$$i = \frac{bxg}{B.J. \text{ aspal}} = \frac{6,5 \times 1,587}{1,036} = 9,954$$

$$j = \frac{(100 - b)g}{Bj. \text{ agregat}} = \frac{(100 - 6,5)1,587}{1,188} = 75,492$$

k = Jumlah kandungan rongga

$$= (100 - i - j) = (100 - 9,954 - 75,492) = 14,554 \%$$

l = Rongga terhadap agregat

$$= (100 - j) = (100 - 75,492) = 24,508 \%$$

VFWA (m) = Rongga yang terisi aspal

$$= 100 \left(\frac{i}{l} \right) = 100 \left(\frac{9,954}{24,508} \right) = 40,62 \%$$

VITM (n) = Rongga yang terisi campuran

$$= 100 \left(1 - \frac{g}{h} \right) = 100 \left(1 - \frac{1,587}{2,359} \right) = 32,745 \%$$

o = Pembacaan arloji stabilitas

$$= 219,33$$

p = o x Kalibrasi Proving Ring

$$= 219 \times 3,433 = 751,808 \text{ kg}$$

Stabilitas (q) = p x Koreksi tebal sampel

$$= 751,808 \times 0,9656 = 725,941$$

r = Flow

$$= 5,503$$

QM = Quotient Marshall

$$= \frac{q}{r} = \frac{725,94}{5,503} = 131,917 \text{ KN / mm}$$

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII diperoleh nilai-nilai antara lain : VITM, VFWA, STABILITAS, FLOW dan MARSHALL QUOTIENT seperti tercantum dalam Tabel 6.7 berikut ini.

Tabel 6.7 Hasil Tes Marshall untuk mencari nilai aspal maksimum dengan batuan sebagai agregat halus pada campuran HRS B dengan AC 60-70

No	karakteristik	Variasi F2	Kadar Aspal				
			5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
1	VITM	rata-2	4,683	4,457	4,173	3,995	2,664
2	VFWA	rata-2	71,682	74,101	76,745	78,695	85,688
3	STABILITAS (KG)	rata-2	1114,959	1063,51	1095,83	1229,41	1132,74
4	FLOW (mm)	rata-2	2,794	2,486	2,921	3,429	3,720
5	Q.M. (KN/mm)	rata-2	3,752	4,287	3,758	3,588	3,048

Tabel 6.8 Hasil Tes Marshal dengan Tempurung Kelapa Sawit untuk mencari nilai aspal maksimum sebagai agregat halus dalam campuran HRS B AC 60-70

No	karakteristik	Variasi F2	Kadar Aspal				
			5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	VITM (%)	rata-2	37,92	36,71	36,22	32,74	34,33
2	VFWA (%)	rata-2	16,43	18,60	20,28	40,62	24,45
3	STABILITAS (KG)	rata-2	596,68	683,03	587,9	725,4	709,39
4	FLOW (mm)	rata-2	5,096	5,673	6,519	5,503	6,604
5	Q. M. (KN/mm)	rata-2	1,0908	1,212	0,904	1,319	1,1137

Hasil penelitian seperti tercantum pada Tabel 6.7, 6.8 dibandingkan dengan persyaratan yang harus dipenuhi untuk nilai-nilai VITM, VFWA, FLOW dan Stabilitas menurut spesifikasi Bina Marga, yaitu pada petunjuk pelaksanaan Lataston N0. 12/PT/B/1983 seperti yang tercantum pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Persyaratan Test Marshal untuk campuran HRS B

No	Jenis Pemeriksaan	Lalulintas Berat
1	Stabilitas (kg)	550 - 1250
2	Flow/Kelelahan (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 6
4	VFWA (%)	70 - 80
5	Q M (KN/mm)	1,5 - 5

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston No, 12/PT/B/1983 dan CQCMU, Departemen Pekerjaan Umum.



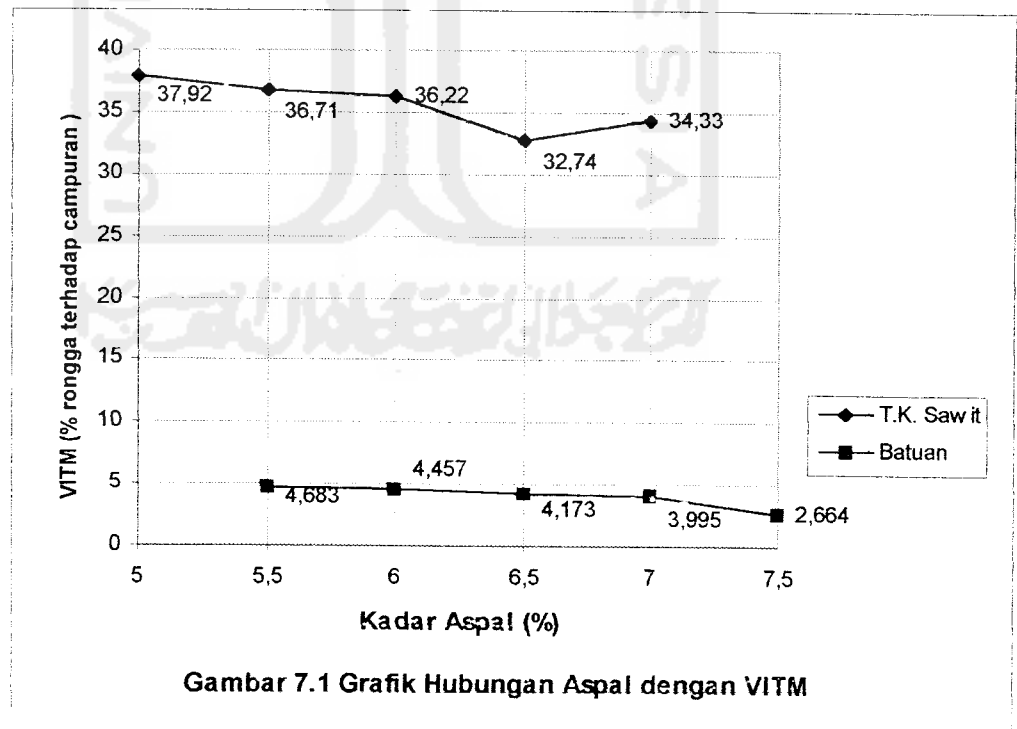
BAB VII

PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang di dapat dari hasil penelitian yang dilaksanakan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, maka diketahui nilai-nilai yang berpengaruh terhadap HRS-B, antara lain VITM, VFWA, Flow, Stabilitas dan Quotient Marhsall. Dengan diketahuinya nilai-nilai tersebut diatas maka dapat ditentukan jumlah aspal yang diperlukan untuk masing-masing campuran.

7.1. Evaluasi Terhadap VITM (*Void In The Mix*)

Volume dalam campuran (VITM) dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 7.1 sebagai berikut.



Pada Gambar 7.1 di atas terlihat bahwa nilai VITM berkurang seiring dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran. Persen rongga yang disyaratkan untuk campuran HRS-B adalah 3% - 6%, lapis keras yang mempunyai VITM yang rendah akan memperbesar kemungkinan terjadinya bleeding. Akibat tingginya temperatur perkerasan aspal akan mencair, sehingga pada saat perkerasan menerima beban aspal akan mengalir diantara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 6% menunjukkan banyak terjadi rongga dalam campuran, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat. yang selanjutnya aspal tidak lagi menjadi bahan ikat yang baik dan batuan akan lepas dari ikatan.

Tempurung Kelapa Sawit memiliki nilai kelekatan terhadap aspal 100 %, sehingga selimut aspal relatif tipis dan dapat mengikat aspal dengan baik, hal ini juga dapat menyebabkan keadaan rongga udara yang terbentuk pada campuran cukup besar

Tinjauan terhadap variasi agregat halus, dari grafik diatas menunjukkan bahwa semakin banyak agregat halus yang digunakan dalam campuran akan mengakibatkan nilai VITM menjadi lebih rendah, ini diakibatkan karena pori terisi oleh agregat halus. sebaliknya jika agregat halus yang digunakan sedikit maka nilai VITM yang terjadi akan semakin tinggi karena banyak terjadi rongga dalam campuran yang berakibat kurang kedapnya campuran terhadap air dan udara.

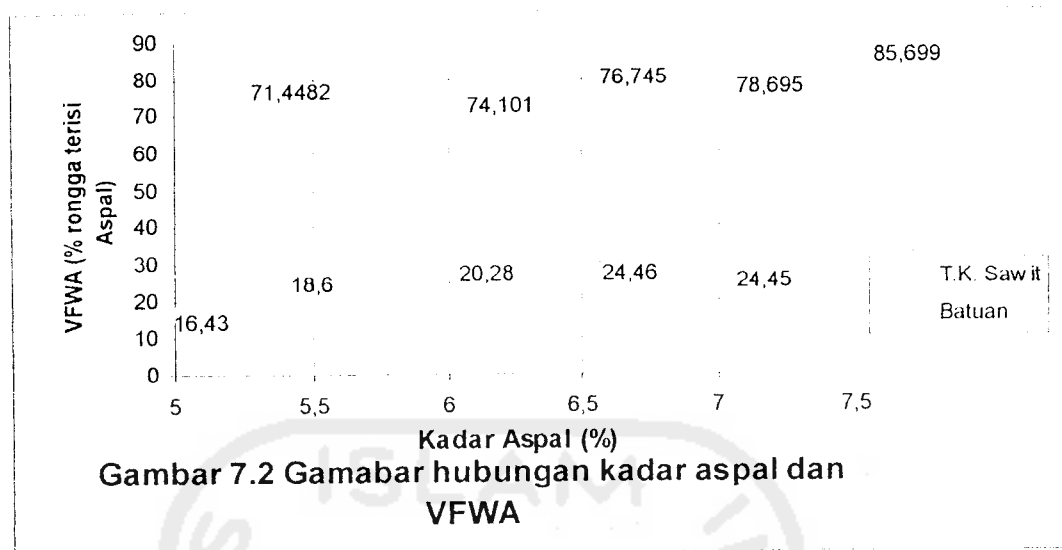
Dari hasil penelitian ini, maka nilai VITM untuk campuran dengan menggunakan tempurung kelapa sawit tidak memenuhi spesifikasi bina marga karena melebihi persyaratan yaitu antara 3% - 6% hal ini disebabkan karena struktur fisik daripada kelapa sawit yang mempunyai nilai penyerapan sangat besar yaitu 12,359% sedangkan batuan mempunyai nilai penyerapan 2,459 % dengan demikian maka aspal akan lebih banyak diserap oleh tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus dari pada batuan sebagai agregat kasar.

Sedangkan pada campuran dengan menggunakan batuan sebagai agregat halus VITM-nya memenuhi spesifikasi bina marga karena nilai penyerapan sama besar maka dengan sendirinya penyerapan akan terbagi merata.

7.2. Evaluasi Terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)

Nilai VFWA menunjukkan persentase rongga yang terisi aspal, nilai VFWA menentukan keawetan suatu perkerasan dan nilai ini dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Jika kadar aspal relatif banyak maka rongga udara yang tersisa semakin kecil

Nilai VFWA yang dihasilkan pada penelitiann ini tercantum dalam Gambar 7.2 sebagai berikut.



Tampak pada Gambar 7.2 diatas bahwa nilai VFWA meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga udara antar agregat terisi oleh aspal. Dari Gambar 7.2 tampak bahwa nilai VFWA dengan menggunakan tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus tidak memenuhi persyaratan Bina Marga sedangkan campuran dengan menggunakan batu sebagai agregat halus memenuhi persyaratan Bina Marga.

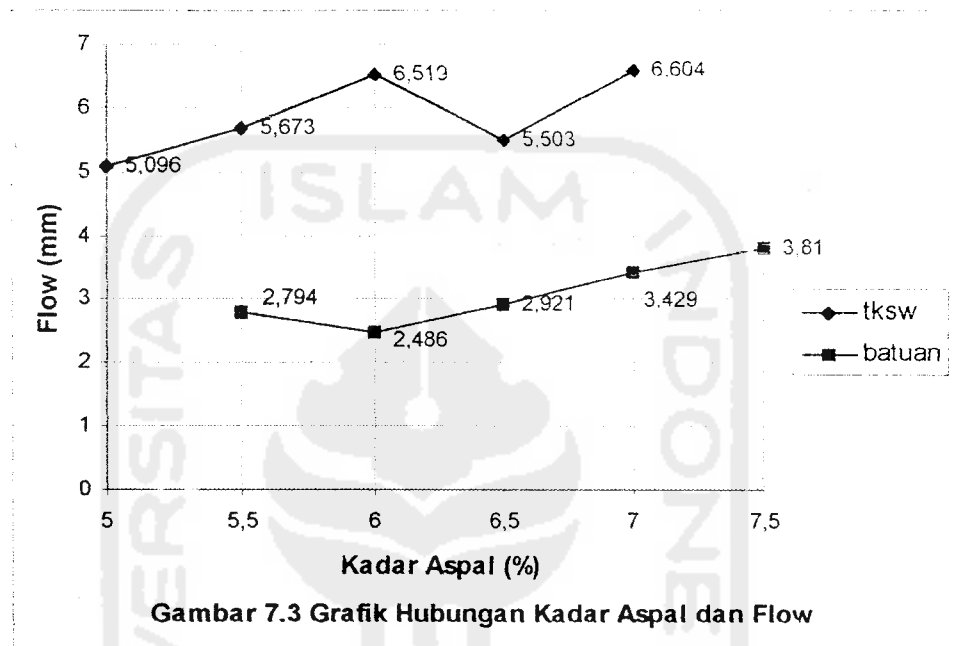
Nilai VFWA berhubungan erat dengan nilai VITM, dengan bertambahnya kadar aspal pada campuran maka VITM menurun, sebaliknya dengan bertambahnya kadar aspal pada campuran maka nilai VFWA semakin besar.

7.3. Evaluasi Terhadap Flow

Kelelahan (Flow) menunjukkan besarnya deformasi campuran panas benda uji beton aspal akibat beban yang bekerja padanya, campuran yang memiliki Flow rendah dan stabilitas Marshall yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut

bersifat kaku. Sebaliknya nilai Flow yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalulintas.

Nilai Flow pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.3 berikut ini.



Pada Gambar 7.3 tampak bahwa nilai Flow meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal kemudian pada kadar aspal tertentu dimana Flow mencapai titik puncak dan kemudian akan turun kembali dengan campuran agregat halus menggunakan batuan sedangkan untuk agregat halus dengan menggunakan tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus nilai flow mengalami ketidak stabilan seiring dengan bertambahnya persentase kadar aspal karena pada kadar aspal 6,0 % mencapai titik puncak kemudian turun pada kadar aspal 7,0% terjadi penurunan dan naik lagi untuk kadar aspal 7,5 %. Adapun nilai Flow untuk

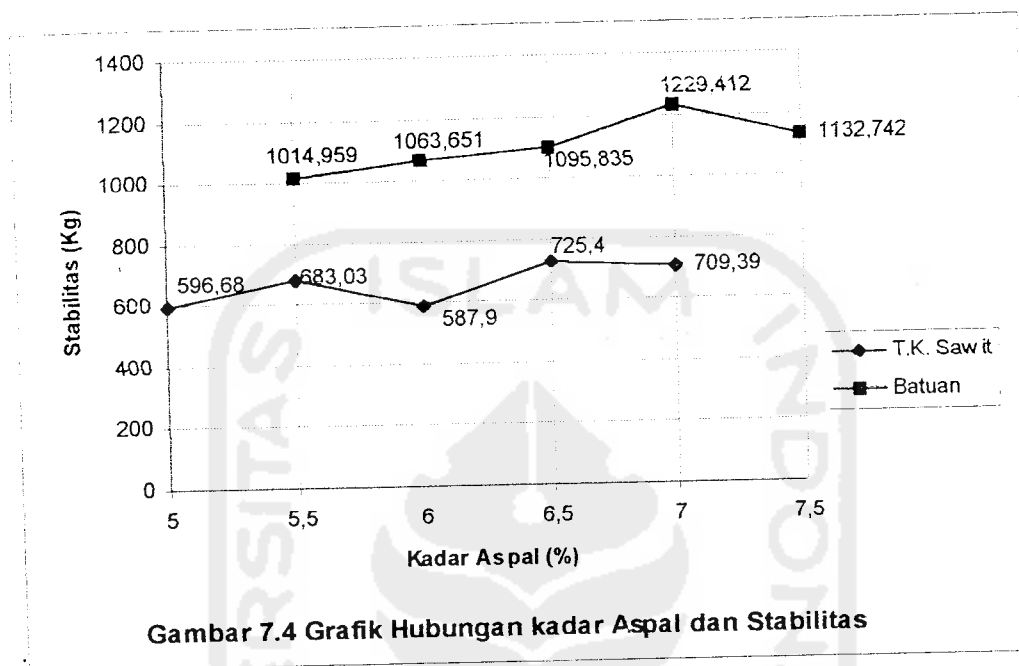
agregat halus dengan menggunakan batu sesuai dengan spesifikasi Bina Marga yaitu 2-4 mm sedangkan nilai flow dengan menggunakan tempurung tidak memenuhi spesifikasi karena nilainya diatas 4 mm.

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

7.4. Evaluasi Terhadap Stabilitas

Stabilitas menunjukan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalulintas, deformasi yang terjadi dapat berupa gelombang, atau alur.

Stabilitas pada pengujian marshal adalah kemampuan suatu campuran untuk menerima beban hingga terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam satuan kilo gram atau Kilo Newton. Nilai stabilitas yang didapat dari hasil penelitian seperti tercantum pada Gambar 7.4 sebagai berikut



Pada Gambar 7.4 tampak bahwa nilai stabilitas untuk kadar aspal 5,5 - 7,5 untuk campuran dengan menggunakan batuan sebagai fraksi agregat halus mengalami naik turun demikian juga dengan campuran dengan menggunakan tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus untuk kadar aspal 5,0 - 7,0 mengalami hal yang sama pula, hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas akan naik sampai kadar aspal tertentu dan akan menurun lagi jika kadar aspal berlebihan. Campuran dengan menggunakan batu ataupun tempurung sebagai agregat halus (F II) ini semua kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu antara 550 - 1250 kg/cm. Apabila agregat halus terlalu banyak maka akan menutupi sebagian besar rongga yang ada pada campuran sehingga

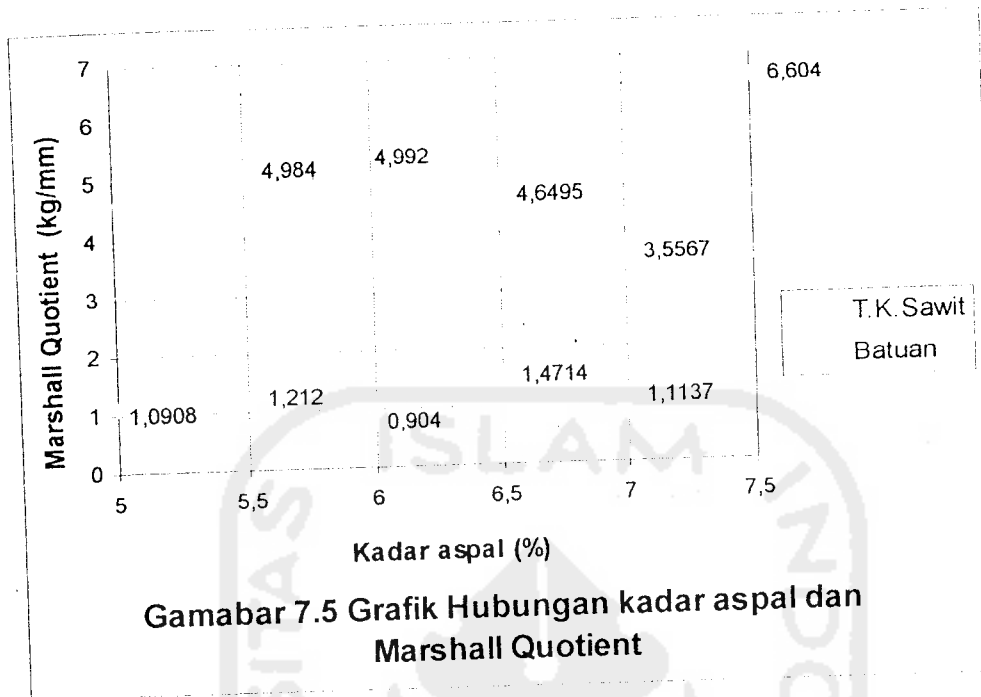
sangat padat dan akan menghasilkan stabilitas yang sangat tinggi. hal ini akan berakibat pada nilai kegetasan suatu campuran.

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas terdiri dari ketahanan terhadap gesekan antar agregat yang ditentukan oleh bentuk permukaan agregat kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar agregat yang ditentukan oleh bentuk agregat, ikatan aspal dan kepadatan.

7.5. Evaluasi Terhadap *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi dari stabilitas dan kelelahan (*Flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran. Stabilitas tinggi yang disertai dengan kelelahan rendah akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga campuran yang terjadi akan bersifat getas, sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi menjadikan campuran terlalu plastis yang berakibat perkerasan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalulintas.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.5



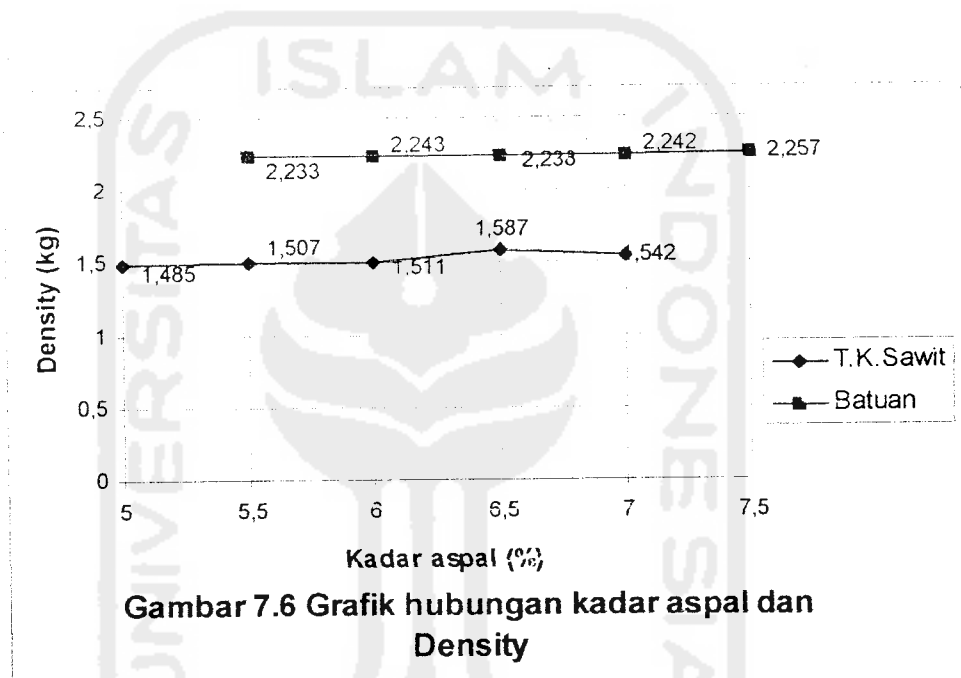
Gamabar 7.5 Grafik Hubungan kadar aspal dan Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* berdasarkan spesifikasi teknis *Hot Rollet Shett - B* adalah 1,5 - 5 KN/mm atau 153 - 510 kg/mm. Sedangkan hasil penelitian ini untuk agregat halus dengan menggunakan batuan untuk kadar aspal 5,5 - 7,0 % sesuai dengan spesifikasi dan untuk kadar aspal 7,5% melebihi dari spesifikasi, hal ini

disebabkan karena kadar aspal 7,5% menghasilkan selimut aspal yang relatif tipis sehingga ikatan agregat dengan aspal relatif tipis yang selanjutnya berpengaruh terhadap rendahnya stabilitas sedangkan pada kadar aspal 5,5% - 7,0% kadar aspal relatif cukup untuk menutupi agregat sehingga nilai stabilitas tercapai. Sedangkan untuk agregat halus dengan menggunakan tempurung kelapa sawit tidak ada yang masuk pada spesifikasi yang ditentukan oleh Bina Marga semuanya dibawah 1,5 KN/mm.

7.6. Evaluasi terhadap kepadatan (*density*)

Kepadatan campuran (*density*) menunjukkan besarnya derajat kepadatan dari satu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang besar apabila dibandingkan dengan campuran kepadatan yang rendah.

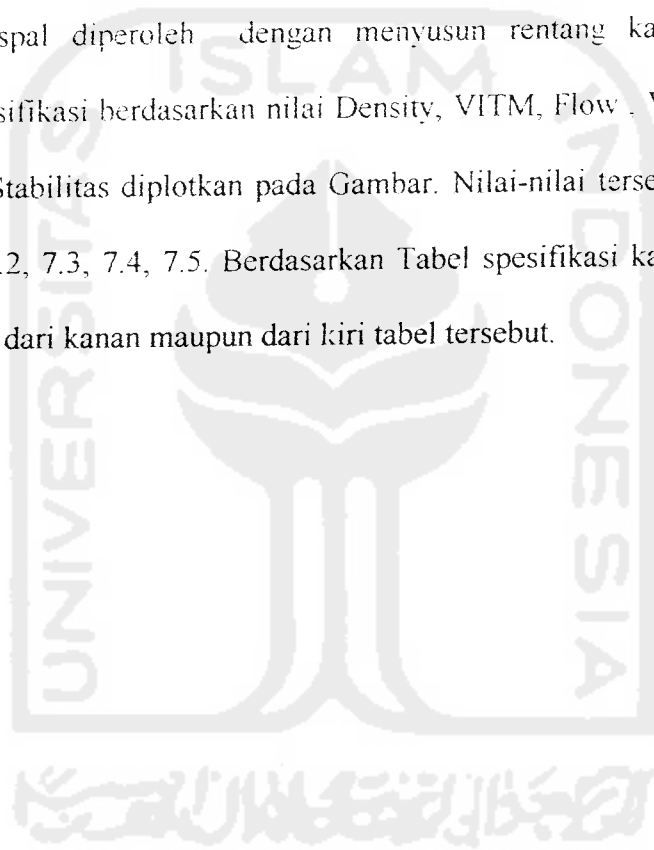


Hasil pengujian pada Gambar 7.6. menunjukkan nilai kepadatan (*density*) meningkat seiring dengan bertambahnya kadar filler, ini dikarenakan pada saat pemadatan butir-butir filler akan mengisi rongga udara sehingga campuran semakin padat. Banyaknya filler yang digunakan berpengaruh terhadap jumlah butir-butir yang mengisi rongga udara, sehingga kepadatan semakin tinggi

7.7. Evaluasi Hasil Penelitian terhadap Spesifikasi

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan VITM, Flow, VFWA, Stabilitas, Quotient Marshall.

Penentuan kadar aspal pada campuran menggunakan metoda Bina Marga. Nilai kadar aspal diperoleh dengan menyusun rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai Density, VITM, Flow, VFWA, Marshall Quotient dan Stabilitas diplotkan pada Gambar. Nilai-nilai tersebut diambil dari Gambar 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5. Berdasarkan Tabel spesifikasi kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel tersebut.



BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan seperti yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai VITM untuk campuran dengan menggunakan Tempurung Kelapa Sawit (TKS) tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga karena melebihi persyaratan antara 3 % - 6 %. Hasil dari penelitian untuk TKS 32,74 % - 37,92 %. Sedangkan pada campuran dengan menggunakan batuan yang tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 7,5 % dengan nilai 2,64 % sedangkan untuk kadar aspal lainnya (5,5 % -7,0 %) memenuhi spesifikasi Bina Marga.
2. Nilai VFWA meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran akan menyebabkan rongga udara antar agregat terisi oleh aspal. Nilai VFWA dengan menggunakan TKS sebagai agregat halus pada penelitian ini berkisar antara 16,43 % - 24,46 % , sedangkan nilai batuan antara 71,4482 % - 85,99 %. Dari hasil yang diperoleh, campuran dengan menggunakan Tempurung Kelapa Sawit tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga sedangkan campuran dengan

menggunakan batuan sebagai agregat halus yang tidak memenuhi hanya agregat dengan campuran aspal 7,5 % sedangkan kadar aspal yang lainnya (5,5 : 6,0 : 6,5 : 7,0) memenuhi persyaratan.

3. Nilai Flow dengan menggunakan TKS sebagai agregat halus mengalami ketidak stabilan seiring dengan bertambahnya presentase kadar aspal, karena pada kadar aspal 6,0 % mencapai titik puncak kemudian turun pada kadar aspal 6,5 % dan naik lagi pada kadar aspal 7,0 %. Adapun nilai Flow untuk agregat halus dengan menggunakan batu sesuai dengan spesifikasi Bina Marga yaitu 2 - 4 mm, sedangkan nilai Flow dengan menggunakan TKS tidak memenuhi spesifikasi, karena nilainya diatas 4 mm.
4. Nilai Stabilitas campuran dengan menggunakan batu ataupun TKS sebagai agregat halus pada semua kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu antara 550 - 1250 kg/cm³.
5. Nilai QM yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk campuran HRS B adalah 1,5 KN/mm - 5 KN/mm. Pada penelitian ini nilai QM yang menggunakan batuan dengan kadar aspal 5,5 % - 7,0 % masuk spesifikasi sedangkan 7,5 tidak masuk dan untuk agregat halus dengan menggunakan TKS tidak ada yang masuk dalam spesifikasi semuanya dibawah 1,5 KN/mm.
6. Dari hasil pengujian *Marshall* untuk campuran HRS B dengan menggunakan TKS sebagai F₂ hanya nilai stabilitas saja yang dapat memenuhi syarat dari Bina Marga, sehingga untuk menentukan

kadar aspal optimum untuk campuran dengan TKS tidak dapat ditentukan sedangkan untuk campuran yang menggunakan batuan sebagai F₂ semua syarat dapat terpenuhi. Dari nilai-nilai tersebut diperoleh kadar aspal optimum 6,25 %.

7. Pada penelitian bahan tempurung kelapa sawit sebagai agregat halus mempunyai nilai penyerapan terhadap air melebihi yang disyaratkan oleh Bina Marga yaitu 12,359 %, sedangkan persyaratan Bina Marga adalah maksimum 3 %
8. Tempurung Kelapa Sawit ternyata tidak dapat dipergunakan sebagai komponen agregat halus (F II) pada campuran HRS-B dengan gradasi ideal sesuai persyaratan Bina Marga walaupun secara visual masuk sebagai syarat agregat perkerasan jalan karena setelah dilakukan penelitian di Laboratorium nilai-nilai VITM, VFWA, Flow, dan MQ sangat jauh dari standart Bina Maraga

8.2. Saran

Dari pengalaman setelah melakukan penelitian dilaboratorium maka disarankan sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan penelitian hendaknya dipahami terlebih dahulu faktor-faktor yang banyak mempengaruhi terhadap hasil penelitian yang antara lain: suhu campuran, pemadatan, perimbangan benda uji, disamping itu perlu sekali ketelitian didalam pemeriksaan bahan-

bahan baik aspal, batuan dan bahan lain (TKS). karena apabila hal ini tidak diperhatikan akan mempengaruhi hasil penelitian.

2. Untuk penelitian laboratorium yang menggunakan material selain batuan, terutama untuk agregat halus ataupun bahan pengisi/filler harus diperhatikan ada tidaknya alat yang digunakan untuk menghaluskan sehingga dalam pelaksanaan nanti tidak mendapat kesukaran dan makan waktu.



DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1987, " Petunjuk Tentang LKP dan TGA " , Jurusan Teknik Sipil dan, FT - UGM, Yogyakarta.
2. Dirjen Bina Marga DPU, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Lataston No. 13/PT/b/1983, Jakarta.
3. Silvia Sukirman, 1993, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung.
4. Kerb and Walker, 1971. Highway Material, Mc. Grow Hill, Inc., New York, USA.
5. Laboratorium Jalan Raya, 1997, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil UI, Petunjuk Praktikum Jalan Raya IV, Yogyakarta.
6. Djoko Untung S, 1979, Konstruksi Jalan Raya, DPU, Jakarta.
7. Fred J. Benson, 1968. Effect of Agregat Size, Shape and Surface Texture on The Properties of Bituminous Mixes, A Librature Survey, Texas A & M University.
8. The Asphalt Institute, 22 January 1983. Principle of Konstruktion of Hot - Mix Asphalt Pavement, MS, Maryland, USA.



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
FACHRUDDIN SOPALAUW	88310173		TRANSPORTASI
SUHARNO	88310162		TRANSPORTASI

Pembimbing I : IR. SUBARKAH, MT
 Pembimbing II : IR. H. BACHNAS, MSC
 1 2



Yogyakarta, 27 Agustus 1997
 An. Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE

CATATAN - KONSULTASI

Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
4/10 1997	I	Perjelas lay out belah ketupat Cantumkan gradasi yg digunakan Tanyakan pustaka terkait dg sifat kempungan	A
5/11 1997	II	Perbaiki tulisan format perbandingan - granular Camp. dg kempungan & Camp. dg batu (normal) pd. kadar aspal optimum (3 sample kempungan : 5 sample batu)	A
11/11 97	III	Ditongkat ke DP II	A
24/11 - 97		revisi total proposal Ace lengkap ke DP I.	BS
26/1 - 98		Penyempurnaan laporan/pemutakhiran hasil lab.	
1/2 - 98		Bab I s/d IV diperbaiki	BS
8/2 - 98		V s/d s/d VII diperbaiki	BS
27/2 - 98		diberi tanda Ace untuk konsultasikan pd pembimbing (E/sch)	BS
8/8 98		Perbaiki semua db catatan pd hal. 46	A



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UJI

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

Tabel Angka koreksi Stabilitas

Isi Benda Uji	Tebal Benda Uji		
	(cm3)	(mm)	Angka Koreksi
200 - 213		25,4	5,56
214 - 225		27,0	5,00
226 - 237		28,6	4,55
236 - 250		30,2	4,17
251 - 264		31,8	3,85
265 - 276		33,3	3,57
277 - 289		34,9	3,33
290 - 301		36,5	3,03
302 - 316		38,1	2,78
317 - 318		39,7	2,50
329- 340		41,3	2,27
341 - 353		42,9	2,08
354 - 367		44,4	1,92
268 -379		46,0	1,79
380 - 392		47,6	1,67
393 - 405		49,2	1,56
406 - 420		50,8	1,47
421 - 431		52,4	1,39
432 - 443		54,0	1,32
444 - 456		55,6	1,25
457 - 470		57,2	1,19
471- 482		58,7	1,14
483 - 495		60,3	1,09
493 - 508		61,9	1,04



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

493 - 508	61,9	1,04
509 - 522	63,5	1,00
523 - 535	64,0	0,96
Isi Benda Uji	Tebal Benda Uji	
(cm ³)	(mm)	Angka Koreksi
536 - 546	65,1	0,93
547 - 559	66,7	0,89
560 - 573	68,3	0,86
574 - 585	71,4	0,83
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Sumber: Manual Pemeriksaan Bahan Jalan, Bina Marga, 1976



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. WASKITA KARYA **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Agregat Batuan 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukamto

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

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

Berat Agregat total : $1200 - 66 \text{ gr} = 1134 \text{ gr}$

Berat benda uji = 1200 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	113,4	113,4	10	90	80	100
9,25	3/8	130,41	243,81	21,5	78,5	69	88
4,76	4	68,04	311,85	27,5	72,5	65	80
2,38	8	113,4	425,25	37,5	62,5	55	70
0,59	30	204,12	629,37	55,5	44,5	19	70
0,177	80	260,82	890,19	78,5	21,5	5	38
0,074	200	175,77	1065,96	94	6	2	10
Pan	Pan	68,04	1134	100	0	0	0

Yogyakarta 6 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. WASKITA KARYA **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Agregat Batuan 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukamto

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : $6,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 72 \text{ gr}$

Berat Agregat total : $1200 \text{ gr} - 72 \text{ gr} = 1128 \text{ gr}$

Berat benda uji : $= 1200 \text{ gr}$

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Loios	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	112,8	112,8	10	90	80	100
9,25	3/8	129,72	242,52	21,5	78,5	69	88
4,76	4	67,68	310,20	27,5	72,5	65	80
2,38	8	112,8	423,00	37,5	62,5	55	70
0,59	30	203,04	626,04	55,5	44,5	19	70
0,177	80	259,44	885,48	78,5	21,5	5	38
0,074	200	174,84	1060,32	94	6	2	10
Pan	Pan	67,68	1128,0	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII



(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PE. WASKITA KARYA **Dikerjakan Oleh :**
 Jenis Agregat Batuan 1. Fachruddin Sopalauw
 Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
 Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh : Sukamto**

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : 6,5 % X 1200 gr = 78 gr

Berat Agregat total : 1200 gr - 78 gr = 1122 gr

Berat benda uji = 1200 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	112,2	112,2	10	90	80	100
9,25	3/8	129,00	241,23	21,5	78,5	69	88
4,76	4	67,32	308,55	27,5	72,5	65	80
2,38	8	112,2	420,75	37,5	62,5	55	70
0,59	30	201,96	622,71	55,5	44,5	19	70
0,177	80	258,06	880,77	78,5	21,5	5	38
0,074	200	173,91	1054,68	94	6	2	10
Pan	Pan	67,32	1122,0	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari	PT. WASKITA KARYA	Dikerjakan Oleh :
Jenis Agregat	Batuan	1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl.	8 Desember 1997	2. Suharno
Untuk Proyek	Penelitian Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukamto

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

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

Berat Agregat total : $1200 \text{ gr} - 84 \text{ gr} = 1116 \text{ gr}$

Berat benda uji = 1200 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	111,3	111,6	10	90	80	100
9,25	3/8	128,34	239,94	21,5	78,5	69	88
4,76	4	66,96	306,90	27,5	72,5	65	80
2,38	8	111,6	418,50	37,5	62,5	55	70
0,59	30	200,88	619,38	55,5	44,5	19	70
0,177	80	258,68	876,06	78,5	21,5	5	38
0,074	200	172,98	1049,04	94	6	2	10
Pan	Pan	66,96	1116,0	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. WASKITA KARYA **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Agregat Batuan 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukanto

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : $7,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 90 \text{ gr}$

Berat Agregat total : $1200 \text{ gr} - 90 \text{ gr} = 1110 \text{ gr}$

Berat benda uji = 1200 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	111,0	111,0	10	90	80	100
9,25	3/8	127,65	238,65	21,5	78,5	69	88
4,76	4	66,6	305,25	27,5	72,5	65	80
2,38	8	111,0	416,25	37,5	62,5	55	70
0,59	30	199,80	616,05	55,5	44,5	19	70
0,177	80	255,30	871,35	78,5	21,5	5	38
0,074	200	172,05	1043,40	94	6	2	10
Pan	Pan	66,6	1110,0	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukanto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. SUPRA ABADI **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Agregat Tempurung Kelapa Sawit 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukanto

Rumus Equivalen = (BJ. Tempurung / BJ. Batuan) X Berat analisa Saringan

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : 5,5 % X 1400 gr = 77 gr

Berat Agregat total : 1400 gr - 77 gr = 1323 gr

Berat benda uji : 942,82 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Tertahan Equivalen	Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah		Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	132,3	132,3	132,3	10	90	80	100
9,25	3/8	152,14	284,44	152,14	21,5	78,5	69	88
4,76	4	79,38	363,82	79,38	27,5	72,5	65	80
2,38	8	132,3	496,12	63,55	37,5	62,5	55	70
0,59	30	238,14	734,26	114,39	55,5	44,5	19	70
0,177	80	304,29	1038,55	146,17	78,5	21,5	5	38
0,074	200	205,07	1243,62	98,51	94	6	2	10
Pan	Pan	79,38	1323,0	79,38	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukanto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari	PT. SUPRA ABADI	Dikerjakan Oleh :
Jenis Agregat	Tempurung Kelapa Sawit	1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl.	8 Desember 1997	2. Suharno
Untuk Proyek	Penelitian Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukamto

Rumus Equivalen = (B_j. Tempurung / B_j. Batuan) X Berat analisa Saringan

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : 5,0 % X 1400 gr = 70 gr

Berat Agregat total : 1400 gr - 70 gr = 1330 gr

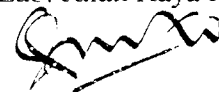
Berat benda uji : 940,42 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Tertahan Equivalen	Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah		Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	133,0	133,0	133,0	10	90	80	100
9,25	3/8	152,95	285,95	152,95	21,5	78,5	69	88
4,76	4	79,80	365,75	79,80	27,5	72,5	65	80
2,38	8	133,0	498,75	63,89	37,5	62,5	55	70
0,59	30	239,40	738,15	115,00	55,5	44,5	19	70
0,177	80	305,90	1044,05	146,95	78,5	21,5	5	38
0,074	200	206,15	1250,20	99,03	94	6	2	10
Pan	Pan	79,80	1330,0	79,80	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII



(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari	PT. SUPRA ABADI	D ikerjakan Oleh :
Jenis Agregat	Tempurung Kelapa Sawit	1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl.	8 Desember 1997	2. Suharno
Untuk Proyek	Penelitian Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukamto

Rumus Equivalen = (BJ. Tempurung / BJ. Batuan) X Berat analisa Saringan

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : 6,0 % X 1400 gr = 84 gr

Berat Agregat total : 1400 gr - 84 gr = 1316 gr

Berat benda uji : 945,26 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Tertahan Equivalen	Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah		Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	131,60	131,60	131,60	10	90	80	100
9,25	3/8	151,34	282,94	151,34	21,5	78,5	69	88
4,76	4	78,96	361,90	78,96	27,5	72,5	65	80
2,38	8	131,60	493,50	63,22	37,5	62,5	55	70
0,59	30	236,88	730,38	113,79	55,5	44,5	19	70
0,177	80	302,08	1033,06	145,40	78,5	21,5	5	38
0,074	200	203,98	1237,04	97,99	94	6	2	10
Pan	Pan	78,96	1316,0	78,96	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. SUPRA ABADI **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Agregat Tempurung Kelapa Sawit 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Sukarno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukanto

Rumus Equivalen = (BJ. Tempurung / BJ. Batuan) X Berat analisa Saringan

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : 7,0 % X 1400 gr = 98 gr

Berat Agregat total : 1400 gr - 98 gr = 1302 gr

Berat benda uji : 952,11 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Tertahan Equivalen	Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah		Tertahan	Loos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	130,2	130,2	130,2	10	90	80	100
9,25	3/8	149,73	279,93	149,73	21,5	78,5	69	88
4,76	4	78,12	358,05	78,12	27,5	72,5	65	80
2,38	8	130,20	488,25	62,55	37,5	62,5	55	70
0,59	30	234,36	722,61	112,58	55,5	44,5	19	70
0,177	80	299,46	1022,07	143,86	78,5	21,5	5	38
0,074	200	201,81	1223,88	96,95	94	6	2	10
Pan	Pan	78,12	1302,00	78,12	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukanto)

**LABORATORIUM JALAN RAYA**
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

Contoh dari PT. WASKITA KARYA

Jenis Agregat Batuan

Diuji tgl. 8 Desember 1997

Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :

1. Fachruddin Sopalauw

2. Suharno

Diperiksa Oleh : Sukamto

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : $6,25\% \times 1200 \text{ gr} = 75 \text{ gr}$ Berat Agregat total : $1200 - 75 \text{ gr} = 1125 \text{ gr}$

Berat benda uji = 1200 gr

No. Saringan		Berat Tertahan		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	112,5	112,5	10	90	80	100
9,25	3/8	129,37	241,87	21,5	78,5	69	88
4,76	4	67,51	309,37	27,5	72,5	65	80
2,38	8	112,50	421,88	37,5	62,5	55	70
0,59	30	202,49	624,38	55,5	44,5	19	70
0,177	80	258,75	883,13	78,5	21,5	5	38
0,074	200	174,37	1057,50	94	6	2	10
Pan	Pan	67,51	1125,0	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



lampiran : 10b

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

Contoh dari PT. SUPRA ABADI
Jenis Agregat Tempurung Kelapa Sawit
Diuji tgl. 8 Desember 1997
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :

1. Fachruddin Sopalauw
2. Suharno

Diperiksa Oleh : Sukamto

Rumus Equivalen = (BJ. Tempurung / BJ. Batuan) X Berat analisa Saringan

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

Berat Aspal : $6,25 \% \times 1400 \text{ gr} = 87,5 \text{ gr}$

Berat Agregat total : $1400 \text{ gr} - 87,5 \text{ gr} = 1312,5 \text{ gr}$

Berat benda uji : $947,47 \text{ gr}$

No. Saringan		Berat Tertahan		Tertahan Equivalen	Jumlah Perser, (%)		Spesifikasi	
mm	Inchi	Tertahan	Jumlah		Tertahan	Lolos	Minim	Maks
19,1	3/4	0	0	0	0	100	97	100
12,7	1/2	131,25	131,25	131,25	10	90	80	100
9,25	3/8	150,94	282,19	150,94	21,5	78,5	69	88
4,76	4	78,75	360,94	78,75	27,5	72,5	65	80
2,38	3	131,25	492,19	63,05	37,5	62,5	55	70
0,59	30	236,25	728,44	113,49	55,5	44,5	19	70
0,177	80	301,87	1030,31	145,01	78,5	21,5	5	38
0,074	200	203,44	1233,75	97,73	94	6	2	10
Pan	Pan	78,75	1312,50	78,75	100	0	0	0

Yogyakarta 8 Desember 1997
a/n
Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)

**LABORATORIUM JALAN RAYA**
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

AASHTO T 96 - 97

Contoh dari PT. WASKITA KARYA dan PT SUPRA ABADI
Dikerjakan Oleh :
Jenis Aspal Batuan dan T.K. Sawit 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir Diperiksa Oleh : Sukamto

JENIS GRADASI			
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	BATUAN	T.K.SAWIT
72,2 MM (3")	63,5 mm (2,5 ")		
63,5 mm (3 ")			
50,8 mm (2")			
37,5 mm (1,5 ")			
25,4 mm (1 ")			
19,0 mm (3/4 ")		2500	2500
12,5 mm (0,5 ")		2500	2500
09,5 mm (3/8 ")			
06,3 mm (1/4 ")			
4,75 mm (No.4)			
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	5000
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3127	4884
KEAUSAN = $((A - B) / A) \times 100 \%$		37,46%	2,32 %

Yogyakarta 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)

**LABORATORIUM JALAN RAYA**
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari PT. WASKITA KARYA dan PT SUPRA ABADI **Dikerjakan Oleh :**

Jenis Aspal Batuan dan T.K. Sawit 1. Fachruddin Sopalauw

Diuji tg!. 8 Desember 1997 2. Suharno


Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukamto

KETERANGAN	BENDA UJI	
	BATUAN	T.K.SAWIT
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500	500
BERAT VICNOMETER + AIR (B)	674	1253
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	976,7	1378,5
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	$650-162 = 488$	$568-123=445$
BERAT JENIS = $BK / (B + 500 - BT)$	2,473	1,188
BERAT SSD = $500 / (B + 500 - BT)$	2,534	1,335
BJ SEMU = $BK / (B + BK - BT)$	2,633	1,393
PENYERAPAN = $((500 - BK)/(BK)) \times 100 \%$	2,459 %	12,359 %

Yogyakarta 19 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII


(Sukamto)

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGRAGAT KASAR

Contoh dari PT. WASKITA KARYA dan PT SUPRA ABADI **Dikerjakan Oleh :**
Jenis Aspal Batuan dan T.K. Sawit 1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh : Sukanto**

KETERANGAN	BENDA UJI	
	BATUAN	T.K.SAWIT
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)	1515	1627
BERAT BENDA UJI DALAM AIR (BA)	929	1013-605=408
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	1650-165=1485	1460-148=1312
BERAT JENIS = $BK / (B + 500 - BT)$	2,5341	1,0763
BERAT SSD = $500 / (B + 500 - BT)$	2,5853	1,3347
BJ SEMU = $BK / (B + BK - BT)$	2,6708	1,4513
PENYERAPAN = $((500 - BK)/(BK)) \times 100 \%$	2,020	24,009

Yogyakarta 19 Desember 1997
 a/n
 Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII



(Sukanto)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN

BERAT JENIS ASPHAL

Contoh dari PT. WASKITA KARYA
Jenis Aspal Batuan dan T.K. Sawit
Diuji tgl. 8 Desember 1997
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
1. Fachruddin Sopalauw
2. Suharno
Diperiksa Oleh : Sukamto

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1	Berat Vicnometer Kosong	26,84 gram
2	Berat Vicnoneter + Aquadest	77,009 gram
3	Berat Air (2 - 1)	50,169 gram
4	Berat Vicnometer + Asphal	28,88 gram
5	Berat Asphal (4 - 1)	2,04 gram
6	Berat Vcnometer + asphal + Aquadest	77,08 gram
7	Berat Air saja (6 - 4)	48,2 gram
8	Volume Asphal (3 - 7)	1,969 gram
9	Berat Jenis Asphal : berat/vol (5/8)	1,036

Yogyakarta 6 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

(PA - 0302 - 76)

Contoh dari PT. WASKITA KARYA **Dikerjakan Oleh :**
 Jenis Aspal AC 60 - 70 1. Fachruddin Sopalauw
 Diuji tgl. 8 Desember 1997 2. Suharno
 Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir **Diperiksa Oleh :** Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (° C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27 °	
Selesai pemanasan	150 °	
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	150 °	
Selesai	27 °	
Diperiksa		
Mulai		
Selesai		


HASIL PENGAMATAN

No	SUHU YANG DIAMATI (° C)	WAKTU (dt)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	15	13 ¹⁷		48 °C	58 °C
2	20	13 ¹⁸			
3	25	13 ²⁰			
4	30	13 ²¹			
5	35	13 ²²	13 ³⁰		
6	40	13 ⁴⁵	13 ⁵¹		
7	45	13 ⁴⁵	13 ⁵²		
8	50	13 ⁵³	13 ⁵³		
9	55		13 ⁵⁴		
10	60		13 ⁵⁵		
11	65				

Yogyakarta, 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII


 (Sukamto)



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

PEMERIKSAAN

TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

(PA - 0303 - 76)

Contoh dari Laboratorium FTSP-UII

Jenis Aspal AC 60 - 70

Diuji tgl. 8 Desember 1997

Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :

Fachruddin Sopalauw

Suharno

Diperiksa Oleh : Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU (°C)	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27°	10 ¹⁵ WIB
Selesai pemanasan	150°	10 ⁴⁰ WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	150°	10 ⁴⁰
Selesai	118°	10 ⁴⁵
Diperiksa		
Mulai	112°	10 ⁴⁶
Selesai	349°	11 ¹⁰

HASIL PENGAMATAN

C A W A N	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	332	349
II		
RATA-RATA		

Yogyakarta, 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari PT. WASKITA KARYA
Jenis Aspal AC 60 - 70
Diuji tgl. 8 Desember 1997
Untuk Proyek Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan Oleh :
 E. Sopalauw dan Suharno
Diperiksa Oleh :
 Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU	
Mulai pemanasan	27°C	10 ¹⁵	WIB
Selesai pemanasan	150°C	10 ⁴¹	WIB
Didiamkan pada suhu 25° C			
Mulai	150°C	10 ⁴⁰	WIB
Selesai	27°C	11 ⁴⁰	WIB
Direndam air dengan suhu 25° C			
Mulai	27°C	11 ⁴²	WIB
Selesai		12 ⁴²	WIB
Diperiksa			
Mulai	25°		WIB
Selesai			WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	CAWAN - I	CAWAN - II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	67	69	
2	66	68	
3	70	66	
4	67	68	
5	68	66	

Yogyakarta, 8 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukamto)



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

SAND EQUIVALENT DATA

Contoh dari Laboratorium FTSP-UII Dikerjakan Oleh:
 Jenis Agregat Aspal AC 60 - 70 1 Fachruddin Sopalauw
 Diuji tgl. 8 Des 1997 2 Suharno
 Untuk Proyek Tugas Akhir Diperiksa Oleh : Sukamto

TRIAL NUMBER		T. Kelapa Sawit	Batu Pecah
seaking (10,1 min)	Strat	12. ⁴⁰	12. ⁴¹
	Stop	1. ²⁵	1. ²⁶
Sedimentation Time (20 min - 15 sec)	Start	1. ³⁰	1. ²⁶
	Stop	1. ⁵⁰	1. ⁵⁰
Clay Reading		4,55	4,90
Sand Reading		2,90	3,10
SE = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\%$		63,7	63,3
Average Sand Equivalent		63,5	
Remark : Nilai Sand Equivalent = 88,675% > 50%*, memenuhi syarat *) Sumber : SKBI 2.4.26.1987			

a/n

Kepala Lab. J.Raya FTSP-UII

(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL (PB - 0205 - 76)

Contoh dari	PT. SUPRA. ABADI	Dikerjakan Oleh :
Jenis Bahan	Tempurung Kelapa Sawit	1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl.	22 Desember 1997	2. Suharno
Untuk Proyek	Penelitian Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27°	13 ⁰⁰ WIB
Selesai pemanasan	135°	13 ¹⁰ WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	135°	13 ¹⁰
Selesai	28°	10 ³⁰
Diperiksa		
Mulai	28°	10 ³⁰
Selesai	28°	10 ³⁵

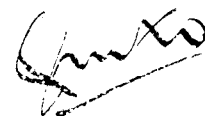
HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI ASPAL
Tempurung Kelapa Sawit	100 %
Batu Pecah	
RATA-RATA	

22 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII



(Sukamto)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCl₄ (SOLUBILITY)

(PA - 0305 - 76)

Contoh dari	PT. PERWITA KARYA	Dikerjakan Oleh :
Jenis Aspal	AC 60 - 70	1. Fachruddin Sopalauw
Diuji tgl.	6 Desember 1997	2. Suharno
Untuk Proyek	Penelitian Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Sukanto

Pembukaan contoh	<u>DIPANASKAN</u>	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai Jam		
	Selesai Jam		
<u>PEMERIKSAAN</u>			
1. Penimbangan	Mulai Jam	13 ⁴⁰	
2. Pelarutan	Mulai Jam	13 ⁴⁴ - 14 ³⁵	
3. Penyaringan	Mulai Jam	14 ³⁷	
	Selesai Jam	14 ⁴²	
4. Di oven	Mulai Jam	14 ⁴³	
5. Penimbangan	Selesai Jam		

1. Berat botol erlenmeyer kosong	=	73,47	gr
2. Berat erlenmeyer + aspal	=	75,64	gr
3. Berat aspal (2-1)	=	2,17	gr
4. Berat kertas saringan bersih	=	0,64	gr
5. Berat kertas saringan + endapan	=	0,62	gr
6. Berat endapan saja (5-4)	=	0,02	gr
7. Persentase endapan (6/3 x 100%)	=	0,092	%
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	=	99,008	%

Yogyakarta 6 Desember 1997

a/n

Kepala Lab. Jalan Raya FTSP-UII

(Sukanto)



**LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

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

PERHITUNGAN TEST MARSHALL (BATUAN)

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
1	67,7	5,82	5,5	1180,0	1190,0	656,0	534,0	2,209	2,319	11,731	83,528	4,740	16,472	71,219	4,741	338,0	1188,6	1007,9	2,286	440,92
2	66,6	5,82	5,5	1177,0	1186,0	654,0	532,0	2,212	2,319	11,745	83,628	4,625	16,371	71,745	4,625	335,0	1148,3	1021,9	3,302	309,50
rata-2	67,15	5,82	5,5	1178,5	1188,0	655,0	533,0	2,210	2,319	11,738	83,478	4,682	16,421	71,482	4,683	336,5	1153,1	1014,9	2,794	375,21
1	67,8	6,38	6,0	1182,0	1189,0	652,0	537,0	2,201	2,304	12,748	82,762	4,490	17,238	73,951	4,496	349,0	1215,1	1057,4	2,540	416,39
2	66,1	6,38	6,0	1163,0	1174,0	646,0	528,0	2,203	2,304	12,756	82,819	4,423	17,180	74,251	4,422	343,0	1175,7	1060,9	2,432	439,92
rata-2	66,95	6,38	6,0	1172,5	1181,5	649,0	532,5	2,202	2,304	12,752	82,790	4,456	17,209	74,101	4,457	344,5	1195,6	1063,7	2,486	428,11
1	65,7	6,95	6,5	1193,0	1204,0	659,0	545,0	2,188	2,289	13,734	81,868	4,397	18,131	75,745	4,397	349,0	1196,3	1100,6	3,048	361,07
2	65,4	6,95	6,5	1181,0	1193,0	656,0	537,0	2,199	2,289	13,798	82,252	3,949	17,748	77,746	3,949	346,0	1185,9	1091,1	2,794	390,52
rata-2	65,55	6,95	6,5	1187,0	1198,5	657,5	541,0	2,193	2,289	13,766	82,060	4,173	17,939	76,745	4,173	347,5	1191,1	1095,8	2,921	375,80
1	66,1	7,52	7,0	1189,0	1202,0	658,0	544,0	2,185	2,274	14,767	81,306	3,925	18,693	79,001	3,925	387,0	1326,5	1207,1	3,302	365,58
2	66,4	7,52	7,0	1196,0	1205,0	657,0	548,0	2,182	2,274	14,746	81,188	4,065	18,811	78,390	4,065	399,0	1390,8	1251,7	3,556	351,99
rata-2	66,2	7,52	7,0	1192,5	1203,5	657,5	596,0	2,183	2,274	14,756	81,247	3,995	18,752	78,695	3,995	388,5	1358,6	1229,4	3,429	358,78
1	66,9	8,10	7,5	1180,0	1198,0	660,0	538,0	2,193	2,260	15,878	81,152	2,969	18,817	84,245	2,969	366,0	1254,5	1116,5	3,810	293,05
2	67,7	6,10	7,5	1183,0	1196,0	660,0	536,0	2,207	2,260	15,978	81,662	2,359	18,337	87,131	2,359	370,0	1320,6	1148,9	3,630	316,51
rata-2	67,3	8,10	7,5	1181,5	1197,0	660,0	537,0	2,200	2,260	15,928	81,407	2,664	18,392	85,688	2,664	368,0	1287,6	1132,7	3,720	304,78

Handwritten signature



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

PERHITUNGAN TEST MARSHALL (T.K. Sawit)

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
1	66,9	8,04	5,0	833,5	876,5	314,0	562,5	1,482	2,392	7,151	56,24	36,61	43,76	16,34	38,09	166,0	568,99	506,41	8,636	58,63
2	65,4	8,04	5,0	823,0	863,0	316,0	547,0	1,504	2,392	7,261	57,11	35,63	42,89	16,93	37,10	201,0	688,97	633,85	4,318	146,79
3	66,6	8,04	5,0	826,5	873,5	311,0	562,5	1,469	2,392	7,091	55,77	37,14	44,23	16,03	38,57	213,0	730,10	649,79	5,334	121,82
rata-2	66,3	8,04	5,0	827,7	871,0	313,7	557,3	1,485	2,392	7,167	56,37	36,46	43,63	16,43	37,92	193,3	662,27	596,78	5,096	109,08
1	66,4	8,89	5,5	872,0	925,0	330,5	594,5	1,467	2,382	7,787	55,38	36,84	44,62	17,45	38,42	225,0	771,23	694,11	5,588	124,21
2	66,1	8,89	5,5	855,0	895,0	325,0	570,0	1,500	2,382	7,863	56,63	35,41	43,37	18,36	37,02	234,0	802,08	729,89	5,334	136,84
3	64,9	8,89	5,5	829,0	864,0	331,0	533,0	1,555	2,382	8,257	58,72	33,02	41,28	20,00	34,70	194,0	664,97	625,08	6,096	102,54
rata-2	65,8	8,89	5,5	852,0	894,7	328,8	565,8	1,507	2,382	8,002	56,91	35,09	43,08	18,61	36,71	217,7	746,09	683,03	5,673	121,20
1	66,6	9,75	6,0	861,0	897,0	341,0	556,0	1,548	2,370	8,968	58,16	32,87	41,84	21,43	34,67	204,0	699,25	622,33	5,334	109,70
2	65,7	9,75	6,0	872,5	912,5	324,0	588,5	1,482	2,370	8,586	55,68	35,74	44,32	19,37	37,45	191,0	654,69	602,31	6,604	91,20
3	66,9	9,75	6,0	877,0	917,0	334,0	583,0	1,504	2,370	8,712	56,49	34,79	43,51	20,03	36,54	176,0	603,27	536,91	7,620	70,46
rata-2	66,4	9,75	6,0	870,2	908,8	333,0	575,8	1,511	2,370	8,755	56,78	34,47	43,22	20,28	36,22	190,3	652,41	587,18	6,519	90,45

Handwritten signature



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

PERHITUNGAN TEST MARSHALL (T.K. Sawit)

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
1	60,4	10,62	6,5	876,0	902,5	342,0	560,5	1,563	2,359	9,806	58,38	31,81	41,62	23,56	33,75	195,0	668,40	601,56	7,366	92,28
2	61,5	10,62	6,5	785,5	812,0	328,5	483,5	1,625	2,359	10,193	60,69	29,12	39,31	25,93	31,13	224,0	767,80	806,19	4,064	198,37
3	64,8	10,62	6,5	834,0	860,0	329,5	530,5	1,572	2,359	9,863	58,73	31,41	41,27	23,89	33,35	259,0	819,22	770,07	5,080	151,59
rata-2	64,2	10,62	6,5	831,8	859,2	333,3	524,8	1,587	2,359	9,954	59,27	30,78	40,73	24,46	32,75	219,3	751,81	725,94	5,503	147,41
1	63,6	11,50	7,0	841,0	876,0	337,0	539,0	1,560	2,348	10,542	57,97	31,48	42,03	25,09	33,54	205,0	702,68	695,65	7,620	91,29
2	62,4	11,50	7,0	816,5	846,5	331,0	515,5	1,584	2,348	10,702	58,85	30,45	41,15	26,01	32,53	267,0	915,19	942,65	5,588	168,67
3	67,7	11,50	7,0	863,5	921,0	338,0	583,0	1,481	2,348	10,007	55,03	34,96	44,97	22,26	36,91	164,0	562,14	489,63	6,604	74,1
rata-2	64,3	11,50	7,0	840,3	881,2	335,3	545,8	1,542	2,348	10,417	57,28	32,29	42,71	24,45	34,33	212,0	726,67	709,31	6,604	111,37

Sumarta



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

PERHITUNGAN TEST MARSHALL KADAR ASPAL OPTIMUM (6,25 %)

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	QM
Batu																				
1	65,4	6,67	6,25	1182	1195	662	533	2,217	2,297	13,456	83,161	3,382	16,838	79,914	3,460	431	1477,3	1359,2	3,556	382,21
2	64,7	6,67	6,25	1170	1182	659	523	2,237	2,297	13,574	83,891	2,534	16,109	84,267	2,613	456	1563,0	1469,2	3,048	482,04
3	63,8	6,67	6,25	1164	1178	656	522	2,229	2,297	13,531	83,621	2,848	16,379	82,609	2,927	589	2018,9	1978,5	2,032	973,69
rata-2	65,2	6,67	6,25	1172	1185	659	526	2,228	2,297	13,526	83,558	2,921	16,442	82,263	3,000	492	1686,4	1602,3	2,878	612,64
TKS																				
1	67,8	10,17	6,25	865	916	316	600	1,442	2,364	8,697	53,998	37,30	46,003	18,906	39,027	241	826,1	718,7	8,382	87,74
2	71,1	10,17	6,25	889	965	326	639	1,392	2,364	8,398	52,138	39,464	47,862	17,546	41,127	223	764,4	634,4	10,14	60,92
3	67,1	10,17	6,25	855	968	324	584	1,464	2,364	8,832	54,836	35,332	45,164	19,556	38,081	241	836,4	735,9	5,08	144,88
rata-2	68,7	10,17	6,25	869	930	322	608	1,433	2,364	8,644	53,657	37,699	46,343	18,669	39,412	236	808,9	696,4	7,958	97,18

Handwritten signature