

Tugas Akhir

**PENELITIAN LABORATORIUM CAMPURAN ASPAL BETON
BAHAN IKAT ASBUTON B-20 DAN AC 80/100
DENGAN BAHAN TAMBAH PC SEBAGAI FILLER
MENGUNAKAN UJI MARSHALL**



Disusun Oleh :

Nama : MURDAGAMA
No. Mhs : 93 310 146
Nama : PARYOKO AGUNG. N
No. Mhs : 93 310 244

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

2000

Lembar Pengesahan
Tugas Akhir

PENELITIAN LABORATORIUM CAMPURAN ASPAL BETON
BAHAN IKAT ANTARA ASBUTON B-20 DAN AC 80/100
DENGAN BAHAN TAMBAH PC SEBAGAI FILLER
MENGUNAKAN UJI MARSHALL

Disusun oleh :

MURDAGAMA

No. Mhs : 93 310 146
Nirm : 930051013114120143

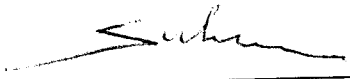
PARYOKO AGUNG. N

No. Mhs : 93 310 244
Nirm : 930051013114120241

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

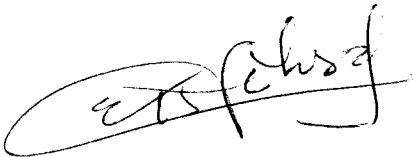
Ir. Sukarno SU

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 5 - 5 - 2000

Ir. H. Bachnas, MSc

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 5/5 - 2000

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana

Tugas Akhir ini kami susun berdasarkan penelitian di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Lab. Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, serta dari buku bacaan yang terkait. Adapun obyek yang kami gunakan adalah aspal jenis AC 80/100, Asbuton B-20 dan PC pada campuran panas Aspal Beton, dengan judul **“Penelitian Laboratorium Campuran Aspal Beton Bahan Ikat Antara Asbuton B-20 dan AC 80-100 Dengan Bahan Tambah PC Sebagai Filler Menggunakan Uji Marshall”**.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini telah diusahakan secara maksimal agar laporan akhir dapat tersusun dengan hasil terbaik. Namun demikian diharapkan juga segala kritik dan saran yang bersifat mendukung bagi kesempurnaan laporan ini. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengarahan, bimbingan serta bantuan selama melaksanakan penelitian dari awal hingga terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini kepada:

1. Bapak Ir. Widodo, MSC, Phd, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Tadjudin, MS, selaku ketua jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Sukarno, SU, selaku dosen Pembimbing I dan Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc, selaku dosen Pembimbing II dan Penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Ir.H. Balya Umar, MSc selaku dosen Penguji Tugas Akhir
6. Bapak- bapak Staff Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Ir. Imam Basuki selaku kepala Lab. Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.
8. Seluruh keluarga dan rekan – rekan sekalian yang telah memberikan do`a, motivasi dan bantuan selama penelitian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, dan mohon maaf bila dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan yang tidak kami sengaja.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI	xiii
BAB. I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
BAB. II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Aspal Beton (“Asphaltic Concrete”)	6
2.2. Asbuton	8
2.3. AC (“Asphalt Cement”)	10
2.4. PC (“Portland Cement”)	11
2.5. Agregat	12
2.5.1. Agregat Kasar	13
2.5.2. Agregat Halus	13
2.6. Bahan Pengisi	14
2.7. Karakteristik Campuran	15

2.7.1.	Stabilitas	15
2.7.2.	Durabilitas (keawetan)	16
2.7.3.	Fleksibilitas (kelenturan)	17
2.7.4.	Tahanan Geser (“Skid Resistance”)	17
2.7.5.	Ketahanan Kelelahan (“Fatigue Resistance”)	18
2.7.6.	Kemudahan dalam Pelaksanaan (“Workability”)	18
2.7.7.	Gradasi	19
BAB. III.	LANDASAN TEORI	20
3.1.	Perkerasan Jalan	20
3.2.	Perencanaan Campuran	21
3.2.1.	Bahan Susun Agregat	22
3.2.2.	Campuran AC 80/100 dengan Asbuton B-20	23
3.2.3.	Campuran AC 80/100 dengan Asbuton B-20 dan PC	24
3.2.4.	Bahan Pengisi (“Filler”)	24
3.3.	Pemeriksaan Campuran dengan Metode Marshali	26
3.3.1.	Meyiapkan Benda Uji	27
3.3.2.	Tahap Pemeriksaan	27
3.4.	Mencari Kadar Aspal Optimum	30
BAB. IV.	HIPOTESIS	31
BAB. V.	METODE PENELITIAN	32
5.1.	Bahan	32
5.1.1.	Asal Bahan	32
5.1.2.	Persyaratan Bahan	32
5.2.	Peralatan	34

5.3.	Pelaksanaan Penelitian	34
5.3.1.	Tahapan Penelitian	34
5.3.2.	Persiapan Bahan	37
5.3.3.	Persiapan Alat dan Pengujian Bahan	37
5.3.4.	Pembuatan Campuran	42
5.3.5.	Pembuatan Benda Uji	43
5.3.6.	Pengujian Marshall	46
5.4.	Analisa Data	47
BAB. VI.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
6.1.	Hasil Penelitian	51
6.1.1.	Hasil Pemeriksaan Bahan Susun	51
6.1.2.	Hasil Pemeriksaan Benda Uji	52
6.2.	Pembahasan	57
o.2.1.	Pembahasan Campuran AC 80/100 (normal) dan Campuran Asbuton B-20 dengan Peremaja AC 80/100 ...	57
6.2.1.1.	Evaluasi Nilai "Density"	57
6.2.1.2.	Evaluasi Nilai "Void In The Mix"	59
6.2.1.3.	Evaluasi Nilai "Void Filled With Asphalt"	62
6.2.1.4.	Evaluasi Nilai Stabilitas	64
6.2.1.5.	Evaluasi Nilai "Flow"	67
6.2.1.6.	Evaluasi Nilai "Quorient Marshall"	69
6.2.2.	Pembahasan Campuran Asbuton dengan AC 80/100 Terhadap Campuran AC 80/100 dan Asbuton B-20 Tambah PC Jenis Gresik	71

6.2.2.1.Evaluasi Nilai “Density”	71
6.2.2.2.Evaluasi Nilai “Void In The Mix”	73
6.2.2.3.Evaluasi Nilai “Void Filled With Asphalt”	75
6.2.2.4.Evaluasi Nilai Stabilitas	76
6.2.2.5.Evaluasi Nilai “Flow”	78
6.2.2.6.Evaluasi Nilai “Quotient Marshall”	81
BAB. VII. KESIMPULAN DAN SARAN	83
7.1. Kesimpulan	83
7.2. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
PENUTUP	92
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 2.1. Persyaratan Campuran Beton Aspal	7
2. Tabel 2.2. Klasifikasi Asbuton	9
3. Tabel 2.3. Kandungan Mineral Asbuton	9
4. Tabel 2.4. Persyaratan Aspal Keras	11
5. Tabel 2.5. Susunan Unsur Semen	11
6. Tabel 2.6. Gradasi Mineral Filler	14
7. Tabel 5.1. Batas-Batas Gradasi Menerus Agregat No.Campuran VII ..	32
8. Tabel 5.2. Persyaratan Agregat Kasar	33
9. Tabel 5.3. Persyaratan Agregat Halus	33
10. Tabel 5.4. Persyaratan Aspal Keras (AC 80/100)	33
11. Tabel 5.5. Persyaratan Asbuton B-20	33
12. Tabel 5.6. Persyaratan "Portland Cement" Produksi Gresik	34
13. Tabel 5.7. Spesifikasi Gradasi Agregat Campuran	42
14. Tabel 5.8. Kadar Aspal Normal AC 80/100 untuk Campuran Optimum	44
15. Tabel 5.9. Kadar Aspal Normal Dengan Aspal Optimum 5.95 %	44
16. Tabel 5.10. Perbandingan Prosentase Pemakaian AC 80/100 dengan Asbuton B-20 Menggunakan Aspal Optimum 5.95 %	44
17. Tabel 5.11. Perbandingan Prosentase AC 80/100 dengan Asbuton B-20 dan Filler PC Menggunakan Aspal Optimum 5.95 %	44

18. Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	51
19. Tabel 6.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	51
20. Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 80/100	52
21. Tabel 6.4. Hasil Pemeriksaan Asbuton B-20	52
22. Tabel 6.5. Hasil Pemeriksaan "Portland Cement" Produksi Gresik ...	52
23. Tabel 6.6. Hasil Uji "Marshall" Campuran Aspal Beton Bahan <u> Ikat AC 80/100 untuk Kadar Aspal Optimum</u>	53
24. Tabel 6.7. Hasil Uji "Marshall" Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 Menggunakan Kadar Aspal Optimum 5.95% ...	53
25. Tabel 6.8. Hasil Uji "Marshall" Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 5.1 % (bitumen 1.1 %), Menggunakan Kadar Aspal Optimum 5.95 %	54
26. Tabel 6.9. Hasil Uji "Marshall" Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 5.1% (bitumen 0.97 %) dengan Mineral PC 1.33 %, Menggunakan Kadar Aspal Optimum 5.95 %	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 5.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian	35
2. Gambar 6.1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Marshall	55
3. Gambar 6.2. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dengan Nilai Marshall Terhadap Kadar Aspal Optimum	56
4. Gambar 6.3. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan "Density"	58
5. Gambar 6.4. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan VITM	60
6. Gambar 6.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan VFWA	62
7. Gambar 6.6. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan Stabilitas	64
8. Gambar 6.7. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan "Flow"	67
9. Gambar 6.8. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan QM	69
10. Gambar 6.9. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan "Density"	72
11. Gambar 6.10. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan VITM	73
12. Gambar 6.11. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan VFWA	75
13. Gambar 6.12. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan Stabilitas	77
14. Gambar 6.13. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan "Flow"	79
15. Gambar 6.14. Grafik Hubungan Kadar Aspal Total dan QM	81

DAFTAR LAMPIRAN

1. Bahan susun benda uji "Marshall Test" (mencari kadar aspal optimum), bahan ikat AC 80/100 kadar aspal 5 %
2. Bahan susun benda uji "Marshall Test" (mencari kadar aspal optimum), bahan ikat AC 80/100 kadar aspal 5.5 %
3. Bahan susun benda uji "Marshall Test" (mencari kadar aspal optimum), bahan ikat AC 80/100 kadar aspal 6 %
4. Bahan susun benda uji "Marshall Test" (mencari kadar aspal optimum), bahan ikat AC 80/100 kadar aspal 6.5 %
5. Bahan susun benda uji "Marshall Test" (mencari kadar aspal optimum), bahan ikat AC 80/100 kadar aspal 7 %
6. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat AC 80/100 pada kadar aspal total 5.55 %
7. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat AC 80/100 pada kadar aspal total 5.95 %
8. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat AC 80/100 pada kadar aspal total 6.35 %
9. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 pada kadar aspal total 5.55 %
10. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 pada kadar aspal total 5.95 %
11. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 pada kadar aspal total 6.35 %

12. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 dengan PC sebagai Filler, pada kadar aspal total 5.55%
13. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 dengan PC sebagai Filler, pada kadar aspal total 5.95%
14. Bahan susun benda uji "Marshall Test" terhadap kadar aspal optimum, bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 dengan PC sebagai Filler, pada kadar aspal total 6.35%
15. Perhitungan "Marshall Test" bahan ikat AC 80/100 untuk mencari kadar aspal optimum
16. Perhitungan "Marshall Test" bahan ikat AC 80/100 (campuran normal)
17. Perhitungan "Marshall Test" bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100
18. Perhitungan "Marshall Test" bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100 dengan mineral PC sebagai penambahan pada filler
19. Pemeriksaan Jenis Mineral Asbutom B-20
20. Pemeriksaan Kadar Bitumen Asbuton Dengan Reflux Ekstraksi
21. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
22. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
23. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu
24. Sand Equivalent Data AASHTO T 176 - 73
25. Pemeriksaan Keausan Agregat ("Abrasi Test") AASHTO T 96 - 77
26. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
27. Pemeriksaan Berat Jenis PC

28. Pemeriksaan Berat Jenis Asphalt
29. Pemeriksaan Penetrasi Asphalt
30. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Asphalt
31. Pemeriksaan Titik Lembek Asphalt
32. Pemeriksaan Daktilitas ("Ductility")
33. Pemeriksaan Kelarutan Asphalt dalam CCl_4
34. Grafik Pembagian Butiran Agregat

INTISARI

Beton Aspal ("Asphaltic Concrete") merupakan salah satu jenis perkerasan campuran panas ataupun campuran dingin dengan bahan penyusun terdiri dari agregat bergradasi menerus ("Well Graded"). Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler, dengan ukuran maksimum sebesar 2/3 dari tebal padat perkerasan. Aspal yang biasa digunakan di Indonesia adalah aspal keras ("Asphalt Cement"/AC) penetrasi 60/70 atau 80/100.

Pada penelitian ini digunakan cara campuran panas dengan bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100. Selanjutnya pada campuran Aspal Beton ini digunakan juga mineral PC sebagai bahan tambah (campuran) filler, sehingga dapat diketahui pengaruh dari masing-masing campuran Aspal Beton tersebut terhadap karakteristik Marshall yang ditinjau. Pada campuran tersebut menggunakan agregat dan jenis aspal yang sama berdasarkan spesifikasi Beton Aspal pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No. 13/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.

Penelitian dilakukan pada kadar aspal optimum sebesar 5.95 %, dan karakteristik Marshall yang ditinjau adalah "Density", VITM, VFWA, "Stability" dan "Flow", dengan variasi kadar aspal total 5.55 %, 5.95 %, 6.35 % dan tidak berubah untuk campuran normal (tanpa Asbuton dan PC). Perhitungan berat masing-masing bahan susun, adalah terhadap berat total campuran Aspal Beton. Pada campuran Aspal Beton bahan ikat Asbuton dan peremaja AC, didapatkan bitumen terpakai dari Asbuton sebesar 1.1 % (mineral 4 %), sedangkan bitumen AC terhadap variasi kadar aspal campuran yaitu 4.45 %, 4.85 %, 5.25 %. Untuk campuran Asbuton dengan PC dan peremaja AC, prosentase bitumen Asbuton adalah 0.97 % (mineral 3.5 %), mineral PC 1.33 %, dan bitumen AC terhadap variasi kadar aspal campuran yaitu 4.58 %, 4.98 %, 5.38 %, sehingga hal ini menunjukkan bahwa bitumen AC dapat dukurangi oleh bitumen dari Asbuton.

Dengan analisis terhadap karakteristik Marshall yang ditinjau diperoleh bahwa Asbuton B-20 dapat digunakan sebagai bahan ikat pada campuran Aspal Beton. Sedangkan mineral PC yang digunakan sebagai filler bersama mineral Asbuton yang menggantikan filler asli (abu batu), secara keseluruhan dapat memperbaiki karakteristik campuran Aspal Beton tersebut. Sehingga campuran Aspal Beton bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100 dengan bahan tambah PC pada filler, dapat digunakan sebagai alternatif perencanaan khususnya lapis atas perkerasan jalan ("Surface Course") fungsi struktural untuk kapasitas lalu-lintas berat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu sarana transportasi darat yang semakin dirasakan kegunaannya untuk menunjang peningkatan perekonomian, informasi, sosial, budaya dan ketahanan nasional.

Banyak ragam lapis perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia, salah satunya adalah perkerasan Lapis Aspal Beton atau perkerasan lentur. Perkerasan lentur adalah merupakan komponen lapis keras campuran bahan susun antara agregat, mineral pengisi (filler) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan panas. Jenis perkerasan ini sekarang banyak digunakan di Indonesia, untuk itu perlu terus ditingkatkan teknologinya.

Aspal sebagai bahan pengikat lapis permukaan, untuk saat ini banyak digunakan aspal dari produksi destilasi minyak bumi yang banyak didatangkan dari luar negeri, dan ternyata biaya pengadaan tersebut sangat besar bahkan kemungkinan besar selalu meningkat. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan pemakaiannya juga akan berpengaruh terhadap ketersediaan bahan/ meterial, yaitu aspal tersebut. Terutama untuk bitumen aspal yang mempunyai penetrasi tinggi sekarang juga kurang banyak digunakan karena biaya pengadaanya yang cukup besar. Untuk itu dicari alternatif lain yang bisa diambil dari dalara negeri, yaitu digunakan aspal alam yang cadangannya masih sangat banyak dan terdapat

1.2. Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui karakteristik campuran panas beton aspal yang menggunakan bahan ikat berupa campuran Asbuton B-20 dengan bahan pelunak/ peremaja "Asphalt Cement" penetrasi 80/100 (AC 80/100).
2. Mempelajari karakteristik campuran aspal beton setelah campuran no. 1 ditambahkan mineral PC sebagai perbaikan pada filler campuran
3. Membandingkan hasil campuran pertama dan kedua dengan Aspal Beton normal (bahan ikat AC 80/100 tanpa Asbuton dan "Portland Cement"), yang berfungsi struktural pada lapis permukaan perkerasan lentur jalan raya ("Surface Course") dengan pedoman standart dari Bina Marga.

1.3. Manfaat penelitian

Mengingat cadangan sumber daya alam berupa Asbuton yang ada di Indonesia masih dalam jumlah yang sangat besar, untuk itu perlu dimanfaatkan dan dikembangkan dengan melakukan penelitian agar dapat digunakan semaksimal mungkin sebagai bahan pengganti atau mengurangi jumlah pemakaian "Asphalt Cement" dalam campuran panas untuk perkerasan pada umumnya. Selanjutnya kemudian dapat ditemukan kombinasi campuran yang terbaik antara "Asphalt Cement" (AC) dengan Asbuton.

Perbaikan filler campuran aspal beton menggunakan "Cement Portland" yang dicampur dengan Asbuton dan "Asphalt Cement", maka akan didapatkan kombinasi yang paling baik dari ketiga bahan ikat pada campuran aspal beton

tersebut, untuk dijadikan alternatif campuran perkerasan lentur jalan raya pada lapis permukaan (“Surface Course”).

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pengujian laboratorium mengenai karakteristik Beton Aspal menggunakan bahan ikat campuran, antara Asbuton dengan “Asphalt Cement” (AC) dan “Cement Portland” (PC) dari produksi Gresik. Adapun secara spesifik dapat dibatasi sesuai dengan hal-hal sebagai berikut :

1. “Asphalt Cement” yang digunakan adalah penetrasi 80/100 (AC 80/100), dan digunakan untuk campuran aspal normal (tanpa Asbuton dan PC) maupun sebagai bahan peremaja bitumen dan mineral Asbuton B-20 dalam campuran Aspal Beton.
2. Asbuton yang dipakai adalah jenis B-20 (kadar bitumen 17,5% - 22,5%) dan tanpa membahas unsur mineral yang terkandung, sehingga semua mineral Asbuton digunakan sebagai filler. Prosentase Asbuton pada setiap variasi kadar AC 80/100 adalah konstan terhadap volume campuran Aspal Beton.
3. PC digunakan dari produksi semen Gresik, yaitu sebagai campuran filler Asbuton B-20, dengan prosentase tetap untuk setiap variasi kadar AC 80/100 terhadap volume campuran Aspal Beton.
4. Tiap-tiap karakteristik campuran aspal beton tersebut ditinjau pada kadar aspal optimum dari AC 80/100.

5. Tinjauan karakteristik campuran terbatas pada pengujian Marshall dilaboratorium (uji kekuatan) yang meliputi:

- a Kepadatan ("Density")
- b Stabilitas ("Stability")
- c Kelelehan ("Flow")
- d Persentase rongga dalam campuran (VITM/ "Void in the mix")
- e Persentase rongga terisi aspal (VFWA/ "Void Filled With Asphalt")
- f "Quotient Marshall"

Selanjutnya dibahas sesuai teori, dan dibandingkan dengan spesifikasi Beton

Aspal ("Asphaltic Concrete") yang mengacu pada standart Bina Marga.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton Aspal (Asphaltic Concrete)

Beton aspal merupakan campuran agregat dalam berbagai macam diameter dengan aspal, yang menggunakan pencampuran dingin ataupun panas. Pada pencampuran panas ("Hotmix") bahan dipanaskan sampai suhu 170° C untuk agregat, dan 160° bagi aspal, yang akan menghasilkan campuran dengan suhu 160° C (Suprpto TM, 1995).

Sesuai buku petunjuk pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) No. 13/PT/B/1983, aspal beton merupakan lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dan dihamparkan kemudian dipadatkan pada suhu tertentu yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas
2. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya terhadap kerusakan akibat pengaruh cuaca dan air
3. Sebagai lapis aus
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin

Aspal beton merupakan salah satu jenis dari lapis konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat yang dipanasi pada suhu tertentu untuk mengeringkan agregat dan untuk mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga

2.2 Asbuton

Asbuton merupakan aspal alam yang banyak terdapat dipulau Buton Sulawesi Tenggara. Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan atau biasa disebut "Rock Asphalt".

Kandungan aspal yang terdapat dalam Asbuton sangat bervariasi mulai dari 10% sampai 35% ditambah kadar airnya. Kadar air tergantung pada curah hujan di daerah tempat terdapatnya Asbuton. Pada umumnya kadar air yang terkandung dalam pertikel Asbuton berkisar antara 2% - 15% (Gompul Dairi, 1991). Sedangkan kadar air yang baik pada Asbuton antara 4% - 6% (Bina Marga, 1983). Pada umumnya Asbuton tersusun dari (Soeprapto Totomiharjo, M.Sc - 1995).

1. 30% bahan bitumen
2. 55% bahan mineral
3. 15% bahan lainnya (pasir halus)

Dalam bentuk aslinya asbuton dipulau Buton berbentuk sebagai lapisan batu cadas berwarna hitam yang kadang - kadang menyembul diatas permukaan tanah menyerupai gunung kecil (gumuk) dan sebagian lapisan hannya terdapat beberapa meter dibawah permukaan tanah. Oleh karena itu penambangan Asbuton cukup dikerjakan secara penambangan terbuka "Open Pit Mining" (D. U. Sudarsono).

Proses pembentukan Asbuton terdapat di daerah yang mengandung minyak bumi (beserta aspalnya), kemudian terjadi pergerakan kulit bumi. Gerakan kulit bumi ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan dan retak - retak pada kulit

bumi. Adanya tekanan dalam kulit bumi menyebabkan minyak keluar. Apabila tekannya cukup kuat, minyak bumi dapat keluar bersama aspal melalui retak-retak kulit bumi, sehingga aspalnya dapat tertinggal dalam batuan yang dilewatinya. Mengingat proses terbentuknya batu aspal ini, maka kadar bitumen yang ada dalam batu aspal tidak merata.

Asbuton didalam eksploitasinya dikelompokkan menurut kadar bitumennya, yaitu untuk memudahkan penggunaannya (dalam pekerjaan jalan). Bitumen Asbuton mengandung 2 fraksi utama yaitu $\pm 32\%$ Maltenes dan $\pm 68\%$ Asphaltenes (Gompul Dairi, 1991). Klasifikasi dan mineral-mineral yang terkandung dalam Asbuton ini adalah pada *tabel 2.2* dan *2.3* berikut :

Tabel 2.2. Klasifikasi Asbuton

Kelompok	Kadar Bitumen
Asbuton 10 (B10)	9 – 11
Asbuton 13 (B13)	11,5 – 14,5
Asbuton 16 (B16)	15 – 17
Asbuton 20 (B20)	17,5 – 22,5
Asbuton 25 (B25)	23 – 27
Asbuton 30 (B30)	27,5 – 32,5

Sumber : Soeprapto Totomiharjo, M.Sc -1995

Tabel 2.3. Kandungan Mineral Asbuton

Mineral	Kandungan (%)
Kalsium Karbonat (Ca CO_3)	81,62 – 85,27
Magnesium Karbonat (Mg CO_3)	1,98 – 2,25
Kalsium Sulfat (Ca SO_4)	1,25 – 1,7
Kalsium Sulfida (Ca S)	0,17 – 0,33
Air Kablen/ hablur/ kristal	1,3 – 2,15
Silikat Oksida (Si SO_2)	6,95 – 8,25
Alumunium Oksida ($\text{Al}_2 \text{O}_3$) +	2,15 – 2,84
Feri Oksida (Fe O_3)	
Sisa	0,83 – 1,12

Sumber : Soeprapto Totomiharjo, M.Sc -1995

Dalam penggunaannya asbuton memerlukan bahan pelunak/ pelarut untuk mengeluarkan aspal dari dalam butiran mineralnya. Bahan pelunak ataupun dikenal sebagai peremaja ini membuat butiran asbuton menjadi lembek kembali dalam kurun waktu yang lama karena dapat mengurangi kadar Nitrogen yang ada dalam bitumen tersebut (Gompul Dairi, 1991). Bahan pelunak ini dapat berupa Flux Oil, Bunker Oil (minyak bakar), campuran solar atau Aspal Cemen (AC) dan aspal cair (Slow curring 80).

2.3. Aspal Keras / Asphalt Cement (AC)

"Asphalt Cement" suhu ruang ($25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis, yaitu tergantung proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasar penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasar nilai viskositasnya.

Sebagai salah satu material kontruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, yaitu menempati hannya 4% - 10% berdasarkan berat dan 10% - 15% berdasarkan volumenya (Laston No. 13/ PT/ B/ 1983). Walaupun demikian aspal merupakan material yang relatif mahal diantara komponen lainnya.

Dalam penggunaanya aspal semen harus lolos uji kualitas, dengan persyaratan yang dicantumkan pada *tabel 2.4* sebagai berikut :

Tabel 2.4 Persyaratan Aspal Keras

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60		Pen 80		
		Min	Max	Min	Max	
1. Penetrasi	PA 0301.76	60	70	80	99	0,1 mm
2. Titik Lembek	PA 0302.76	48	58	46	54	°C
3. Titik Nyala	PA 0303.76	200	-	225	-	°C
4. Kehilangan Berat	PA 0304.76	-	0,4	-	0,6	%Berat
5. Kelarutan	PA 0305.76	99	-	99	-	%Berat
6. Daktilitas	PA 0306.76	100	-	100	-	Cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA 0301.76	75	-	75	-	%Semula
8. Berat Jenis	PA 0307.76	1	-	1	-	Gr/cc

Sumber : Laston No. 13/ PT/ B/ 1983

2.4. Cement Portland (PC)

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI-1982).

Perbedaan sifat jenis semen satu terhadap semen yang lain adalah terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butirannya. Secara umum bahan pokok dari susunanya adalah pada *tabel 2.5* berikut :

Tabel 2.5. Susunan Unsur Semen

Bahan Susun (Oksida)	Persen Kandungan
Kapur, Ca O	60 – 65
Silika, Si O ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe O ₃	0,5 – 6
Magnesia, Mg O	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda/ potash, Na ₂ O + K ₂ o	0,5 – 1

Sumber : Teknologi Beton Ir Kardiyono Tjokrodinuljo, Me – 1992

Bahan susun tersebut diatas mempunyai sifat kimia sendiri-sendiri, dan setelah diolah akan bereaksi terutama apabila terkena air. Sifat ini dapat dilihat dari fungsi pokok semen yaitu sebagai bahan ikat (sifat mengeras) pada kontruksi beton. Pada beton salah satu unsurnya adalah air yang merupakan pasta semen, dan akan memberikan kekuatan maksimal pada umur tertentu (biasanya 28 hari). Sedangkan pada aspal beton unsur air didapatkan dari "Asphalt Cement" yang tersusun dari unsur hidrocarbon. Pada campuran aspal beton mempunyai sistem pencampuran tersendiri (lain dari kontruksi beton), sehingga pengaruh "Portland Cement" terhadap campuran aspal beton tidak sama, seperti yang terjadi pada kontruksi beton.

2.5. Agregat

Agregat dalam campuran beton aspal (AC) berupa butiran atau pecahan batuan, yang menempati bagian penting dalam struktur perkerasan. Prosentasi agregat dalam beton aspal adalah 90% - 95% berat, atau 80% - 85% volume campuran. Maka dari itu agregat adalah sebagian besar memikul/ menerima beban lalu lintas.

Agregat menurut ASTM (1974) adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar maupun berupa fragmen – fragmen. Agregat dapat berupa batu pecah, kerikil, pasir ataupun komposisi mineral lainnya. Sedangkan sumber agregat yang digunakan dalam kontruksi jalan bisa didapat dari tiga macam yaitu :

1. Agregat alam

2. Agregat melalui proses pengolahan

3. Agregat buatan

(Aggregate Properties Related to Pavement Performance, Asphalt Paving Technology, vol. 58, 1989)

2.5.1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran tertahan saringan No.4, dan biasa digunakan dari batu pecah (buatan), kerikil (alami) atau bahan lain dalam keadaan kering dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles sampai 500 putaran (PB.0206.76) harus mempunyai nilai maksimum 40%
2. Kelekatan terhadap aspal harus lebih besar dari 95% (PB.0205.76)
3. Indeks kepipihan agregat maksimum 25%
4. Minimum 50% dari agregat kasar mempunyai sedikitnya satu bidang pecah
5. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%
6. Berat jenis semu ("Apparent") agregat minimum 2,5 gr/cc
7. Gumpalan lempung maksimum 0,35%
8. Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5%

2.5.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lolos saringan No.4. Agregat halus biasanya terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil

pemecahan beton atau dari bahan lain yang harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Nilai "Sand Equivalent" (AASHTO T-76) dari agregat minimum 50%
2. Berat jenis semu ("Apparent") (PB-0203-76) minimum 2,5 gr/cc
3. Dari pemeriksaan Atterberg (PB-0109-76) harus non plastis
4. Peresapan agregat terhadap air (PB-0202-76) maksimum 3%.

2.6. Bahan Pengisi

Bahan pengisi (filler) merupakan bagian dari agregat, dan merupakan material yang lolos saringan no. 200. Filler berfungsi mengisi bagian-bagian yang kosong (rongga-rongga) antar material yang lebih besar. Bahan pengisi ini harus kering (kadar air maksimum 1%) dan bebas dari bahan lain yang dapat mengganggu. Bahan pengisi dapat berupa abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC), atau bahan nonplastis lainnya yang memenuhi syarat secara teknis sebagai filler, misalnya dari limbah industri.

Untuk gradasi mineral filler adalah dicantumkan pada *tabel 2.6* berikut :

Tabel 2.6 Gradasi Mineral Filler

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

Sumber : Laston No. 13/ PT/ B/ 1983

2.7. Karakteristik Campuran

Lapis perkerasan lentur sebagai suatu konstruksi jalan yang diharapkan dapat dilalui dengan aman, nyaman dan memberikan suatu rasa percaya terhadap keselamatan dalam pemakainnya, serta memenuhi umur rencana yang ditetapkan. Untuk mendapatkan kualitas ini maka campuran harus mempunyai syarat sebagai berikut :

2.7.1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas sampai terjadi keruntuhan. Keruntuhan dapat ditunjukkan dengan perubahan bentuk seperti gelombang, alur ataupun retak.

Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi atau menerima beban lalu lintas berat akan memerlukan stabilitas yang besar pula.

Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Untuk itu stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengusahakan penggunaan :

1. Agregat dengan gradasi rapat ("Dense Grade")
2. Agregat dengan permukaan yang kasar
3. Agregat berbentuk kubus
4. Aspal dengan penetrasi rendah
5. Aspal dalam jumlah yang mencakupi untuk ikatan antar butir

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butir (Voids in mineral/ VMA) yang kecil. Keadaan ini akan menghasilkan Stabilitas yang tinggi, karena campuran aspal beton membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat.

VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas dan mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, kemudian lapis perkerasan mudah rusak. Pemakaian aspal terlalu banyakk mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil), dan juga menghasilkan rongga antar campuran ("Voids In Mix" VIM kecil). Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan aspal beton, dapat mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar ("bleeding"), sehingga deformasi lapis aspal beton juga ikut menurun.

2.7.2. Durabilitas (Keawetan/ daya tahan)

Durabilitas sangat diperlukan pada lapis permukaan sehingga mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Durabilitas ini dipengaruhi beberapa faktor yaitu :

1. Film aspal atau selimut aspal. Film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan bleeding menjadi tinggi.

2. VIM (" Voids In Mix" rongga dalam campuran) yang kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi (penyebab aspal menjadi rapuh)
3. VMA besar, sehingga aspal dapat dibuat tebal. Apabila VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Sedangkan untuk mendapatkan VMA besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang

2.7.3. Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

1. Meningkatkan nilai VMA dengan penggunaan agregat bergradasi senjang
2. Penggunaan aspal lunak (aspal penetrasi tinggi)
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM kecil

2.7.4. "Skid Resistance" (tahanan geser/ kekesatan)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami selip, baik diwaktu hujan atau basah dan pada waktu kering. Kekesatan ini dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Untuk meningkatkan tahanan geser dengan cara :

1. Menggunakan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding
2. Dipilih agregat dengan permukaan kasar

3. Menggunakan agregat berbentuk kubus
4. Pemakaian agregat kasar yang cukup

2.7.5. Ketahanan Kelelahan (“Fatigue Resistance”)

Tahanan kelelahan adalah ketahanan lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa mengalami kelelahan yang berupa alur (“Rutting”) dan keretakan.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan kelelahan adalah :

1. VIM yang terlalu tinggi dan kadar aspal rendah
2. VMA tinggi dan kadar aspal yang tinggi sehingga dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel

2.7.6. Kemudahan Dalam Pelaksanaan (“Workability”)

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang dapat memenuhi kepadatan yang diinginkan. Sedangkan faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan ini adalah :

1. Gradasi agregat. dengan gradasi baik/ menerus lebih mudah pelaksanaannya dari pada agregat dengan gradasi senggang/ timpang
2. Suhu campuran, yaitu mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat mudah terpengaruh suhu (termoplastis)
3. Kandungan bahan pengisi (filler) terlalu tinggi menyebabkan dalam pelaksanaan lebih sukar.

2.7.7. Gradasi

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari batuan. Gradasi dapat dihitung melalui material lolos saringan dengan menimbang agregat tertahan pada masing- masing saringan. Pembuatan spesifikasi gradasi ini dapat berfungsi :

1. Untuk mengontrol material dan memperoleh kualitas perkerasan yang sesuai.
2. Mendapatkan penggunaan material yang tersedia secara optimum
3. Untuk mengurangi pemborosan biaya melalui standarisasi ukuran butir dan spesifikasi gradasi yang direncanakan.

(Asphalt Tecnology and Construction Practice, Asphalt Institute, Educational Series No. 1, 1983).

Gradasi agregat ini dapat dikelompokan menjadi tiga bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Gradasi seragam atau gradasi terbuka, yaitu prosentase campuran yang sejenis atau mengandung batuan halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.
2. Gradasi rapat atau gradasi baik, yaitu prosentase campuran batuan kasar dan halus dalam jumlah yang seimbang. Gradsu ini mempunyai sifat mudah dipadatkan karena rongga antar butiran hampir seluruhnya terisi oleh butiran yang lebih kecil.
3. Gradasi jelek, yaitu campuran yang tidak sesuai dengan kedua ketentuan diatas.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu konstruksi diatas tanah dasar, yang berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian dapat memberikan kenyamanan kepada sipengemudi selama masa pelayanan.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas

1. Kontruksi perkerasan lentur (Flexible Pavement), yaitu suatu lapis perkerasan yang berperilaku elastis dalam memikul beban, dan biasanya aspal sebagai bahan ikatnya.
2. Kontruksi perkerasan kaku (Rigid Pavement), yaitu suatu lapis perkerasan yang berperilaku kurang elastis (kaku) dalam memikul beban, sehingga konstruksi perkerasan relatif tidak mengalami lendutan pada waktu beban bekerja. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. dan biasanya menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan ikatnya.
3. Kontruksi perkerasan komposit (Composite Pavement), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas permukaan perkerasan kaku atau sebaliknya.

Pada penelitian ini diitik beratkan pada perkerasan lentur dengan topik khusus perencanaan campuran Aspal Beton pada bagian permukaan (⁴Surface

Course'). Kontruksi perkerasan lentur jalan tersusun atas lapisan-lapisan sebagai berikut :

- a. Tanah dasar ("Subgrade")
- b. Lapis pondasi bawah ("Subbase Course")
- c. Lapis pondasi atas ("Base course")
- d. Lapis permukaan ("Surface Course")

Bahan susun lapis aspal beton secara prinsip adalah merupakan campuran antara agregat dengan bahan ikat, yang terdiri dari aspal keras (bitumen) dan bahan pengisi (filler). Sebagai batasan mengenai hasil penelitian digunakan syarat-syarat dari standart Bina Marga.

3.2. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan suatu lapis perkerasan yang baik, perlu didesain suatu pencampuran dari bahan-bahan penyusun tersebut. Perencanaan ini sangat perlu agar didapatkan suatu karakteristik campuran untuk lapis keras, yang dapat memenuhi kinerja yang baik dari bahan yang tersedia.

Pada penelitian ini digunakan perencanaan campuran menerus untuk perbaikan campuran Aspal Beton. Bahan susun yang digunakan adalah agregat dengan bahan ikat antara "Asphalt Cement"(AC 80/100) dan Asbuton B-20 dengan memakai "Cement Portland" sebagai perbaikan pada filler. Untuk mendapatkan campuran tersebut perlu adanya tinjauan karakteristik sebagai berikut :

3.2.1. Bahan Susun Agregat

Daya dukung, keawetan, mutu (sifat agregat) dan komposisi campuran agregat dengan material (bahan penyusun) lainnya sangat menentukan kemampuan struktur lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Dalam pemilihan jenis agregat yang sesuai sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat ditentukan dari beberapa faktor yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan ('Strengt and Durability'), yang dipengaruhi oleh :
 - a. Gradasi
 - b. Ukuran maksimum
 - c. Kadar lempung
 - d. Kekerasan dan kelelahan
 - e. Bentuk butiran, dan
 - f. Tekstur permukaan.
2. Kemampuan untuk dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh :
 - a. Porositas
 - b. Kemungkinan basah (kandungan air)
 - c. Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dengan kemampuan menghasilkan lapisan nyaman nyaman dan aman. Faktor ini dipengaruhi oleh :
 - a. Tahanan geser ('Skid Resistance')
 - b. Perilaku campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan ('Bituminous Mix Workability').

Distribusi atau gradasi butiran berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang sangat penting untuk menentukan stabilitas perkerasan, karena gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga udara antar butir dalam campuran aspal beton. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Ukuran saringan yang digunakan adalah saringan no. VII, yaitu : $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", #4, #8, #30, #50, #100 dan #200 (Laston. No. 13/ PT/B/1983).

3.2.2. Campuran "Asphalt Cement" (AC 80/100) dengan Asbuton B-20

"Asphalt Cement" selain sebagai bahan pengikat juga sebagai peremaja dari Asbuton. Dengan karakteristik yang dimilikinya (*lihat tabel 2.4*) diharapkan dapat melunakkan aspal (bitumen) dari mineral pada asbuton (*lihat tabel 2.2 dan tabel 2.3*). Sehingga dalam proses pencampuran dan pemadatan, bitumen asbuton dapat keluar dan berfungsi maksimal terhadap campuran aspal beton, pada prosentase Asphalt sama. Pengaruh asbuton tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mineral Asbuton mempunyai berat jenis lebih kecil dari abu batu (filler asli), tapi apabila dicampur dengan "Asphalt Cement" dalam campuran aspal beton akan terurai menjadi abu mineral, sehingga tanpa diekstraksi dapat berfungsi sebagai filler (pengganti filler asli).
2. Bitumen dari Asbuton mempunyai viscositas lebih tinggi dari viscositas bitumen "Asphalt Cement", sehingga dapat meningkatkan nilai stabilitasnya
3. Dengan viscositas yang lebih tinggi dan perubahan pada karakteristik filler, maka dapat menyebabkan nilai Flow turun pada campuran memakai Asbuton.

4. Bitumen asbuton yang dapat bekerja dengan baik akan dapat mengurangi penggunaan "Asphalt Cement" dibandingkan penggunaan "Asphalt Cement" normal pada campuran Beton Aspal.

3.2.3. Campuran AC dan Asbuton dengan Bahan Tambah Cement Portland.

Cement portland mempunyai butiran yang sangat halus (lolos saringan # 200), dan butirannya sangat seragam. Cement portland juga mempunyai Berat jenis lebih besar dari mineral asbuton sehingga mudah mengisi setiap rongga dalam campuran aspal beton, yang berfungsi sebagai filler.

Sifat cement portland akan bereaksi (mengeras) apabila dalam keadaan suhu lembab atau bercampur dengan air (lihat tabel 2.5), sehingga dalam keadaan masih baru (murni) akan dapat dilihat bahwa semen tersebut sangat kering (kandungan air kurang 1%). Bitumen dari aspal keras (AC 80 100) memiliki bahan dasar utama adalah senyawa hidrocarbon, yang menyebabkan mineral dari PC akan tetap bereaksi

3.2.4 Bahan Pengisi (Filler)

Filler merupakan mineral yang lolos saringan #200 dengan kandungan air maksimal 1%. Mineral dari asbuton dan PC dalam pencampuran aspal beton digunakan sebagai filler. Sedangkan filler sangat berpengaruh terhadap karakteristik aspal beton. Karena Cement Portland digunakan sebagai perbaikan campuran aspal beton pada fillernya, maka perlu diketahui sifat – sifat dari

perilaku filler tersebut. Secara singkat pengaruh filler terhadap karakteristik aspal beton adalah dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Pengaruh penggunaan filler terhadap terhadap karakteristik campuran aspal beton yaitu :
 - a. Pengaruh terhadap viskositas campuran
 - b. Pengaruh terhadap daktilitas dan penetrasi campuran
 - c. Pengaruh terhadap suhu dan pemanasan
2. Pengaruh kadar filler terhadap proses pencampuran, penggelaran dan pemadatan. Kadar filler juga akan berpengaruh pada sifat elastik dan sensitifitas campuran terhadap air. Hasil dari penggunaan filler terhadap campuran beton aspal adalah :
 - a. Filler diperlukan untuk meningkatkan kepadatan, kekuatan dan karakteristik lain beton aspal.
 - b. Filler dapat berfungsi ganda yaitu untuk mengisi rongga sehingga menambah bidang kontak antar butir dalam agregat, dan filler dapat membentuk bahan pengikat yang berkonsentrasi tinggi bila bercampur dengan aspal.
3. Penambahan filler pada aspal akan meningkatkan konsistensi pada aspal.
4. Dengan kadar filler dan suhu yang sama dapat menyebabkan nilai dari penetrasi campuran aspal akan turun sampai $< 1/3$ dari penetrasi semula (tanpa filler).
5. Viskositas aspal dengan filler pada suhu tinggi sangat bervariasi pada kisaran yang lebar tergantung pada jenis dan kadar fillernya.

6. Sensitifitas campuran terhadap air dapat diturunkan dengan mengurangi kadar filler yang peka terhadap air.

Dengan karakteristik Cement portland seperti yang telah diterangkan sebelumnya, maka memenuhi kriteria digunakan sebagai filler. Sehingga diharapkan filler dari Cement portland ini dapat memperbaiki karakteristik campuran aspal beton untuk campuran menggunakan bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100, yang dapat disebabkan oleh :

- a. Kurang maksimalnya peremajaan aspal cement terhadap asbuton sehingga mineral asbuton yang berfungsi sebagai filler tidak keluar dengan baik.
- b. Kurang optimumnya proses pencampuran terhadap reaksi AC 80/100 (viscositas sangat rendah), yang dicampur dengan bitumen asbuton, dan hal ini sangat berpengaruh pada karakteristik campuran aspal beton.

Untuk memperoleh karakteristik campuran yang dapat menghasilkan lapis aspal buton yang sesuai dengan standari Bina Marga, memerlukan kerja yang optimum dari tiap-tiap bahan penyusun dalam campuran aspal beton, sehingga pemilihan dan penangannya harus sangat hati-hati.

3.3. Pemeriksaan Campuran Dengan Metode Marshall

Metode campuran untuk pemeriksaan terhadap karakteristik Marshall adalah digunakan metode dari Bina Marga. Pemeriksaan campuran ini bertujuan untuk memperoleh suatu campuran lapis keras yang memenuhi kriteria dan

spesifikasi tertentu (Bina Marga). Untuk mengetahui suatu campuran telah memenuhi kriteria dan spesifikasi maka dilakukan uji Marshall (Marshall test). Dari pemeriksaan dengan Metode Marshall ini dapat diketahui kinerja campuran perkerasan jalan, terhadap karakteristik Marshall yang ditinjau. Tahapan dalam proses pemeriksaan perencanaan campuran adalah :

3.3.1. Menyiapkan Benda Uji

Meliputi penyiapan bahan (agregat dan aspal serta bahan lain yang digunakan) setelah dilaksanakan perhitungan "Job Mix", kemudian pemeriksaan pengolahan campuran dan mencetak benda uji berbentuk briket-briket.

3.3.2. Tahap Pemeriksaan

Merupakan tahap penimbangan dan pengukuran benda uji serta pengujian dengan alat Marshall. Hasil yang diperoleh berupa parameter-parameter spesifikasi campuran perkerasan yang meliputi :

1. Stabilitas Campuran

Stabilitas menunjukkan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya sampai terjadi kelelahan plastis. Bina Marga memberikan batas minimum nilai stabilitas campuran yaitu 750 Kg pada semua kadar aspal. Nilai stabilitas ini dapat dipengaruhi oleh :

- a. Kadar dan jenis aspal (kohesi, viscositas dan penetrasi)

- b. Gesekan ("Internal Friction") yang merupakan bentuk dari gradasi agregat dan tekstur permukaan.

Nilai stabilitas juga mencerminkan kerapatan campuran. Stabilitas tinggi menunjukkan kerapatan campuran yang baik. Kerapatan campuran salah satunya dapat dicapai dengan pemakaian agregat bergradasi menerus/rapat ("Dense Graded"), yang mempunyai jumlah rongga sedikit karena sifat saling mengisi antar partikel besar.

2. Nilai Kelelahan (Flow)

Flow merupakan suatu nilai yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran (perkerasan) akibat beban yang bekerja. Pada pengujian, nilai flow diamati bersama dengan pengujian stabilitas dan merupakan besarnya deformasi vertikal dari sampel yang diamati sejak awal pembebanan sampai tercapai beban maksimum yang mampu ditahan oleh campuran tersebut dengan ditunjukkan oleh penurunan nilai stabilitasnya. Menurut Bina Marga nilai flow yang disyaratkan yaitu antara (2 – 4) mm.

Nilai Flow ini sangat dipengaruhi oleh :

- a. Kadar aspal (sifat viscositas), gradasi agregat, suhu dan jumlah pemadatan.
- b. Berkaitan dengan VITM, VFWA, density dan stabilitas.

Stabilitas tinggi dan nilai flow rendah akan dapat menyebabkan sifat perkerasan kaku ("rigid").

3. Nilai VITM ("Void In The Mix")

Nilai VITM menyatakan kedekatan campuran terhadap air dan udara. Karena menunjukkan jumlah rongga dalam campuran maka VITM juga menyatakan tingkat kekakuan campuran. Semakin tinggi nilai VITM maka semakin banyak rongga yang terdapat dalam campuran. Hal ini menunjukkan semakin rapuhnya campuran, yang berarti semakin tidak awetnya campuran, karena air dan udara mudah masuk kedalam juga menunjukkan tingkat keawetan campuran. Bina Marga memberikan batas nilai VITM antara 3% - 4%.

Nilai VITM dapat dipengaruhi oleh :

- a. Kadar (prosentase) aspal dalam campuran
- b. Komposisi agregat yaitu jumlah/ kadar filler

4. Nilai VFWA ("Void Filled With Asphalt")

Nilai VFWA menunjukkan besarnya prosentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal dan merupakan kebalikan dari nilai VITM. VFWA dipengaruhi oleh gradasi dan kadar aspal, sama dengan nilai dari VITM. Besaran VFWA berpengaruh pada keawetan campuran dan kedekatan terhadap air dan udara. Bina Marga memberikan batasan antara 75% - 82%. Semakin besar nilai VFWA, semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal, maka campuran akan semakin rapat dan kedap.

5. Nilai Density

Nilai "Density" menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal. Nilai kepadatan ini juga menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai density, kerapatan/ kepadatan

campuran semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar meningkat, dan sebaliknya. Bina marga tidak memberikan batasanya dan nilai density dapat dipengaruhi oleh :

- a. Jenis / bentuk dan kualitas material
 - b. Jumlah, temperatur dan beban pemadatan
 - c. Kadar aspal dan jumlah filler dalam campuran
6. Marshall Quotient (QM)

Merupakan perbandingan antara Stabilitas dengan nilai Flow. Nilai Marshall Quotient ini digunakan sebagai pendekatan fleksibilitas perkerasan atau merupakan tingkat kekakuan campuran aspal beton. Berdasarkan nilai spesifikasi Bina Marga dari Stabilitas dan Flow maka diperoleh spesifikasi nilai Marshall Quotient yaitu (350 – 750) Kg/mm.

3.4. Mencari Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum merupakan kondisi optimum campuran aspal beton, dan dicari menggunakan analisis karakteristik Marshall yang ditinjau. Kadar aspal optimum ini akan memberikan karakteristik terhadap campuran paling baik diantara kadar aspal yang lain, karena pada kadar aspal ini telah terdapat nilai minimum dan maksimum dari tiap-tiap nilai karakteristik yang distandartkan Bina Marga. Dengan demikian semua nilai karakteristik campuran aspal beton yang ditinjau telah masuk.

BAB IV

HIPOTESIS

Bahan ikat yang digunakan dalam campuran Aspal Beton adalah Asbuton B-20 dan “Cement Portland” (PC) dengan peremaja AC 80/100. Bahan ikat Asbuton dan PC akan menyebabkan pengaruh yang berbeda terhadap campuran Aspal Beton bahan ikat AC 80/100, dan sebagai gambaran awal dari reaksi masing-masing bahan ikat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bitumen dari Asbuton mempunyai viscositas lebih tinggi dari AC 80/100, sehingga akan menghasilkan sifat campuran yang lebih keras dibandingkan apabila tanpa Asbuton. Dengan viscositas AC 80/100 tersebut (kriteria AC sangat encer), maka mampu lebih cepat untuk meremajakan bitumen Asbuton dari mineralnya.
2. Dengan karakteristik mineral PC, Asbuton dan abu batu (filler asli), maka PC sebagai bahan campuran pada filler Asbuton akan meningkatkan konsistensi aspal dan perilaku bahan susun lainnya terhadap campuran Aspal Beton, sehingga karakteristik Aspal Beton tersebut dapat diperbaiki
3. Bahan ikat Asbuton B-20 dan PC dapat menurunkan maupun menaikkan karakteristik Marshall Aspal Beton. Hal ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari masing-masing bahan ikat tersebut terhadap campuran Aspal Beton.

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1. Bahan

5.1.1. Asal Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian Beton Aspal ini berasal dari :

1. Aspal minyak type 80/ 100 produksi Pertamina dari PT. Perwita Karya, Yoyakarta
2. Agregat, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dari Quarry Clereng, Kulon Progo, produksi Stone Crusher PB. SURADI Yogyakarta
3. Asbuton B-20 hasil pemecahan dari Quarry Pulau Buton (Sulawesi Tenggara) oleh PT. Amerta Margayasa Aspal, Surabaya
4. Cement Porland yang digunakan adalah produksi Gresik

5.1.2. Persyaratan Bahan

Spesifikasi bahan-bahan penelitian menggunakan pedoman dari Bina Marga pada buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) dan dapat dilihat pada *tabel 5.1, 5.2, 5.3, 5.4* dan *tabel 5.5* sebagai berikut :

Tabel 5.1 Batas-Batas Gradasi Menerus Agregat No.Campuran VII

Ukuran Saringan		Loles Saringan (%)
3/4"	19,1 mm	100
1/2"	12,7 mm	80 – 100
3/8"	9,52 mm	-
# 4	4,76 mm	54 – 72
# 8	2,38 mm	42 – 58
# 30	0,59 mm	26 – 38

Tabel 5.1 Tabel Lanjutan

# 50	0,279 mm	18 – 28
# 100	0,149 mm	10 – 20
#200	0,074 mm	6 – 12

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983

Tabel 5.2 Persyaratan Agregat Kasar

No	Pengujian	Satuan	Syarat
1	Keausan Dengan Mesin Los Angeles	%	Maks 40
2	Kelekatan Terhadap Aspal	%	≥ 95
3	Penyerapan Terhadap Air	%	Maks 3
4	Berat Jenis Semu	gr/cc	Min 2,5

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983

Tabel 5.3 Persyaratan Agregat Halus

No	Pengujian	Satuan	Syarat
1	Sand Equivalent	%	Min 50
2	Penyerapan Terhadap Air	%	Maks 3
3	Berat Jenis Semu	gr/cc	Min 2,5

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983

Tabel 5.4 Persyaratan Aspal Keras (AC 80/ 100)

No	Pengujian	Satuan	Min	Maks
1	Penetrasi (25° C, 5 detik)	0,1 mm	80	99
2	Titik Lembek ('ring & ball')	° C	46	54
3	Titik Nyala ('cleve open cub')	° C	225	-
4	Kehilangan Berat (163° C, 5 jam)	% berat	-	0,6
5	Kelarutan (C _c 1 ₄ atau C _s 2)	% berat	99	-
6	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	cm	100	-
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	% semula	75	-
8	Berat Jenis Semu	gr/cc	1	-

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /198

Tabel 5.5 Persyaratan Asbuton (B-20)

No	Pengujian	Satuan	Syarat
1	Ekstrasi (kadar aspal)	%	17,5 – 22,5
2	Gradasi Setelah Ekstrasi	mm	lolos saringan # 200
3	Ukuran Butir Maximal	mm	12,7
4	Berat Jenis Semu	gr/cc	1,2 – 2

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983

Penggunaan Cement Portland sebagai bahan tambah pada fillernya, yang menggantikan sebagian filler campuran, dan untuk persyaratanya dicantumkan pada *tabel 5.6* berikut :

Tabel 5.6 Persyaratan Cement Portland produksi Gresik

Pengujian	Syarat
Lolos saringan	# 200
Kandungan air	$\leq 0.1 \%$
Berat satuan	$\geq 3 \text{ kg/cm}^3$

Sumber : Data Sekunder Lab. BKT, FTSP UII

5.2 Peralatan

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

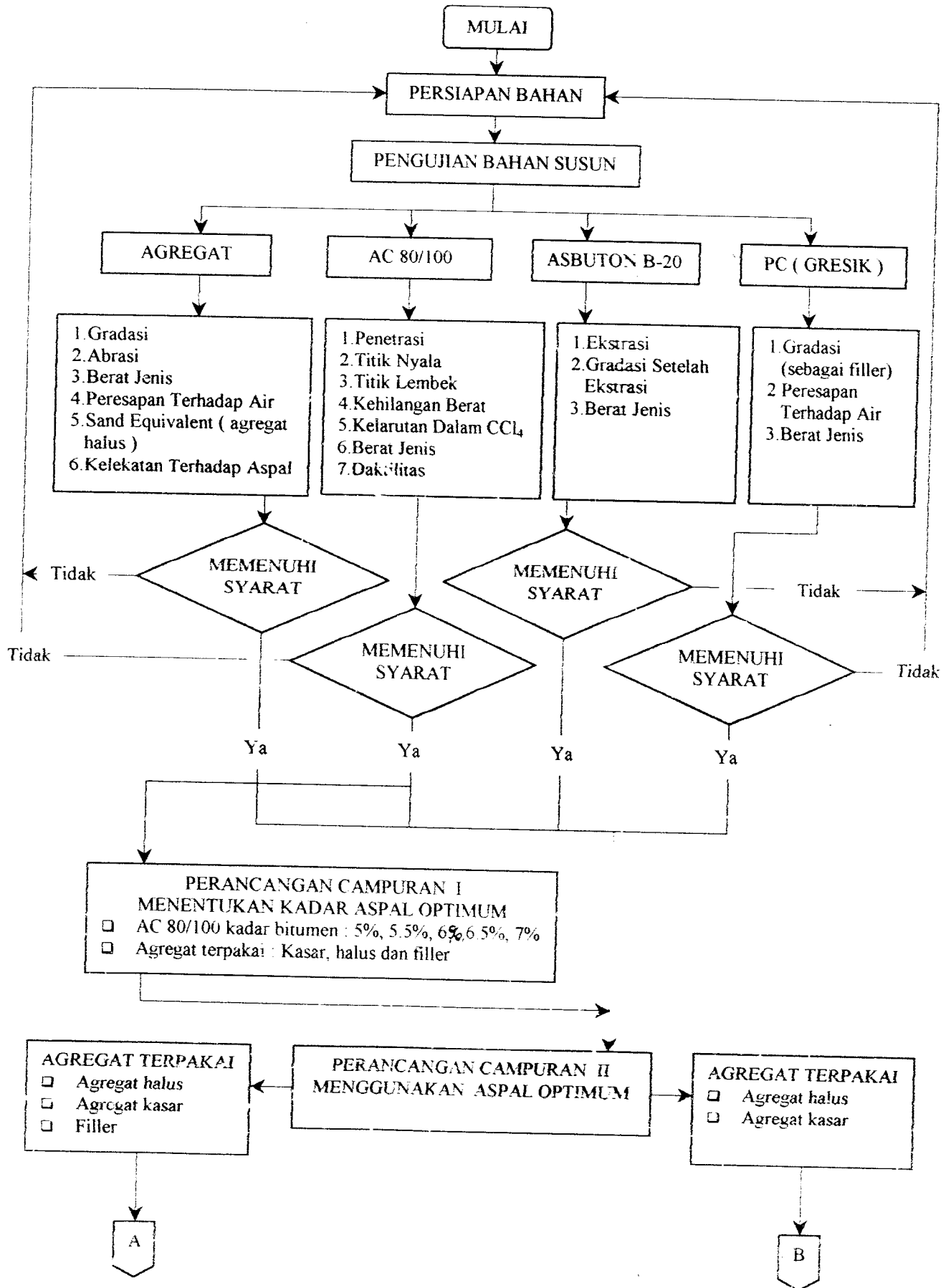
Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah :

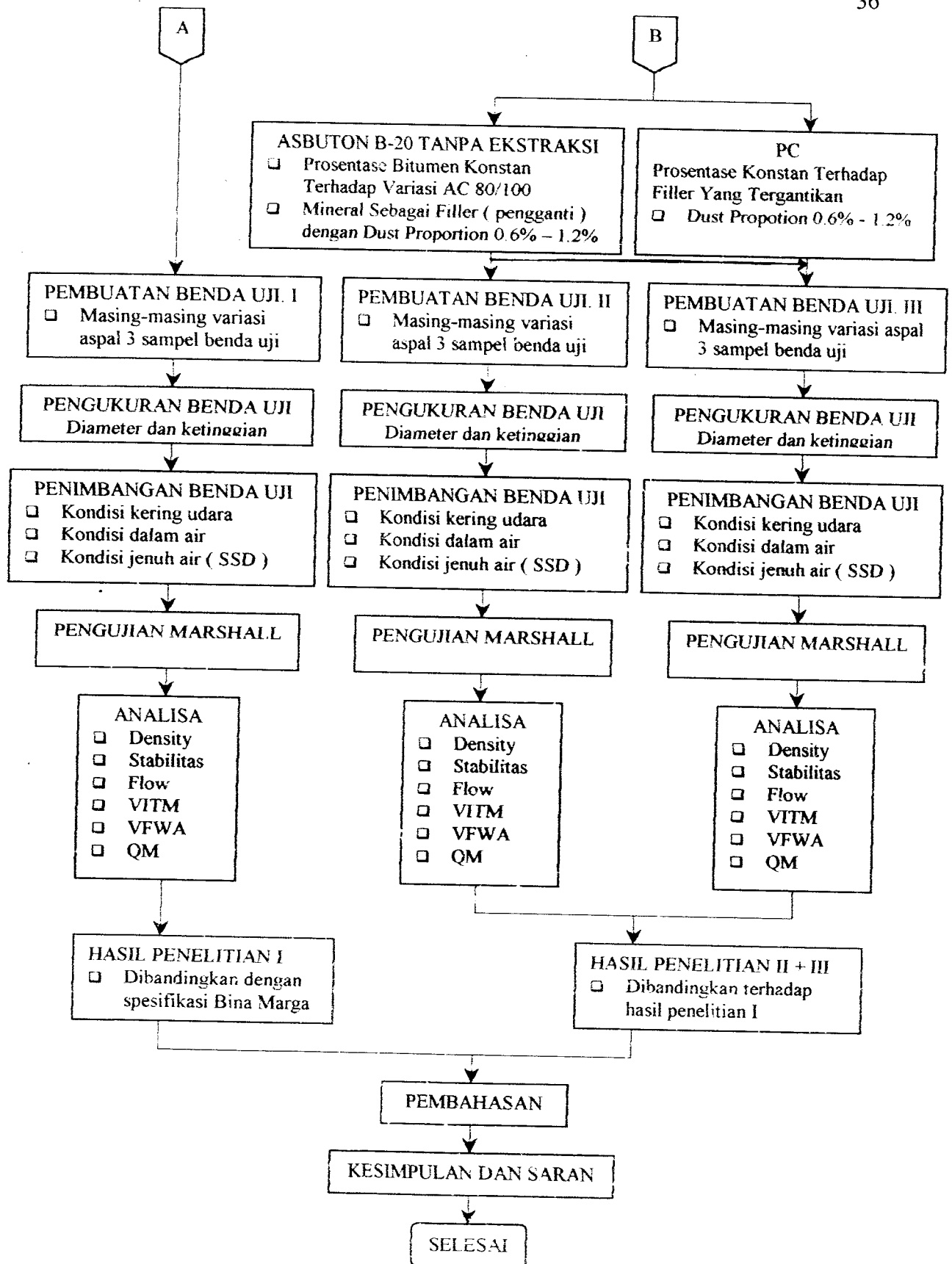
1. Peralatan Pengujian Bahan
2. Peralatan Pengujian Aspal
3. Peralatan Pengujian Marshall (*Marshall Test*)

5.3. Pelaksanaan Penelitian

5.3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga macam variasi campuran aspal beton dan secara ringkas dapat dijelaskan dengan *gambar 5.1* sebagai berikut :





Gambar 5.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

5.3.2. Persiapan Bahan

Setelah mengetahui karakteristik dan persyaratan bahan-bahan susun yang akan dipakai, kemudian semua bahan tersebut dipersiapkan, adalah :

1. "Asphalt Cement" (AC 80/100) produksi dari Pertamina
2. Agregat dari Quarry Clereng Kulon Progo
3. Asbuton hasil pengolahan PT. Amerta Marga Yasa dan diperoleh dari Lab. Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM

4. "Portland Cement" produksi Gresik

Untuk bahan nomer 1,2 dan 4 dari Lab Jalan Raya FTSP Jurusan Teknik Sipil UII.

5.3.3. Persiapan Alat dan Pengujian Bahan

Alat-alat yang dipersiapkan untuk pengujian agregat dan aspal yaitu :

1. Pengujian agregat kasar dan halus, yang terdiri :
 - a. Pemeriksaan gradasi
 - 1) Timbangan dan neraca (ketelitian 0.2 % dari berat benda uji)
 - 2) Satu set saringan dan mesin pengguncang mekanis
 - 3) Oven / alat pengering dan pengatur suhu
 - 4) Talam-talam, kuas, sikat, sendok dan lainnya.
 - b. Pemeriksaan abrasi dengan "Los Angeles Test"
 - 1) Satu set mesin Los Angeles
 - 2) Saringan No.12 dan saringan di atasnya yang digunakan
 - 3) Oven dan pengatur suhu
 - c. Pemeriksaan berat jenis dan pemeriksaan penyerapan terhadap air

- 1) Keranjang kawat kapasitas 5 Kg
- 2) Tempat air
- 3) Timbangan kapasitas
- 4) Oven dan pengatur suhu
- 5) Alat pemisah contoh
- 6) Saringan no. 4
- 7) Piknometer kapasitas 500 ml
- 8) Kerucut terpancung dan batang penumbuk
- 9) Pompa hampa udara dengan air suling
- 10) Desikator

d. Pemeriksaan Sand Equivalent

- 1) Silinder ukur dari plastik, tutup karet, tabung irigator dan pemberat
- 2) Kaleng diameter 57 mm dan isi 85 ml
- 3) Corong dengan mulut luas
- 4) Jam dengan pembacaan sampai sekon
- 5) Pengguncang mekanis
- 6) Larutan $C_a Cl_2$, Gliserin dan formal dehid

e. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal (AC 80/100)

- 1) Timbangan
- 2) Wadah/ wajan dan pisau pengaduk
- 3) Beker gelas kapasitas 600 ml dan air suling
- 4) Oven dan pengatur suhu
- 5) Saringan 1/4" dan 3/8"

6) Termometer.

2. Pengujian Aspal terhadap aspal keras AC 80/100, yang meliputi :

a. Pemeriksaan penetrasi

- 1) Alat penetrasi dengan ketelitian ukur penetrasi sampai 0.1 mm
- 2) Pemegang jarum berat (47.5 ± 0.05) dan jarum penetrasi
- 3) Pemberat dari (50 ± 0.05) gram dan (100 ± 0.05) gram
- 4) Cawan contoh silinder dan bak perendam
- 5) Pengukur waktu/ stop watch dan termometer

b. Pemeriksaan titik nyala

- 1) Termometer
- 2) Cleveland open cup/ cawan dari kuningan
- 3) Plat pemanas dan alat pemanas sumber pemanas
- 4) Nyala penguji

c. Pemeriksaan titik lembek

- 1) Termometer
- 2) Cincin kuningan dan bola baja
- 3) Bejana gelas
- 4) Alat pengarah bola
- 5) Dudukan benda uji dan alat penjepit

d. Pemeriksaan kelarutan dalam Cc 1.

- 1) Alat dari asbes dengan serat 1 cm dan dicuci dengan asam
- 2) Goach Cruible dan alat penahannya
- 3) Labu erlenmeyer

- 4) Tabung dan labu penyaring
- 5) Oven dan pengukur suhu
- 6) Pembakar gas
- 7) Neraca analistik dengan kapasitas (200 ± 0.001) gram
- 8) Pompa hampa udara
- 9) Desikator
- 10) Karbon Tetraklorida p.a dan Ammonium karbonat p.a
- 11) Cawan porselin dan batang pembersih.

e. Pemeriksaan daktilitas

- 1) Termometer
- 2) Cetakan benda uji dari kuningan
- 3) Mesin uji dan bak perendam isi 10 liter dengan ketelitian suhu $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 4) Metyl alkohol teknik dan sodim klorida teknik.

f. Pemeriksaan berat jenis

- 1) Termometer
- 2) Bak perendam
- 3) Piknometer dan air suling
- 4) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram

3. Pengujian Asbuton B-20, yang terdiri dari pemeriksaan :

a. Ekstrasi untuk menentukan kadar aspal

- 1) Ekstraktor lengkap dengan bowl dan tutupnya
- 2) Kertas filter
- 3) Timbangan

- 4) Pan dan oven dengan pengatur suhu
 - 5) Pelarut CCl_4 dan bensin.
- b. Analisa saringan setelah Ekstrasi
- 1) Timbangan
 - 2) Saringan
 - 3) Kuas, sendok dan alat lainnya.
- c. Kadar air
- 1) Timbangan
 - 2) Oven dan pengatur suhu
 - 3) Desikator
 - 4) Cawan benda uji.
4. Pengujian Portland Cement jenis Gresik
- a. Kadar air
- 1) Timbangan
 - 2) Oven dan pengatur suhu
 - 3) Desikator
 - 4) Cawan benda uji.
- b. Berat jenis
- 1) Piknometer dengan tutupnya
 - 2) Air suling
 - 3) Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram
 - 4) Sendok dan lainnya

5.3.4. Pembuatan Campuran

Pada penelitian ini kadar aspal untuk campuran aspal beton normal dipakai variasi 5% - 7% (5 variasi), kemudian hasil yang diperoleh dianalisa untuk mendapatkan kadar optimum. Dari kadar optimum tersebut dibuat 3 variasi lagi untuk campuran aspal beton AC 80/100 (normal), campuran aspal beton AC 80/100 dan Asbuton B-20, dan campuran aspal beton AC 80/100 dengan asbuton B-20 dan "Portland Cement".

Agregat yang dipergunakan adalah hasil lolos saringan sesuai yang disyaratkan dan dapat dilihat pada *tabel 5.7* berikut :

Tabel 5.7 Spesifikasi Gradasi Agregat Campuran

Ukuran Saringan	Spesifikasi	Gradasi Tengah	
	% Lolos	% Lolos	% Tertahan
3/4 (19.1 mm)	100	100	0
1/2 (12.7 mm)	80 – 100	90	10
3/8 (9.52 mm)	-	-	-
No. 4 (4.76 mm)	54 – 74	63	27
No. 8 (2.39 mm)	42 – 58	50	13
No. 30 (0.59 mm)	26 – 38	32	18
No. 50 (0.279 mm)	18 – 28	23	9
No. 100 (0.149 mm)	10 – 20	16	7
No. 200 (0.074 mm)	6 – 12	9	7
Pan	0	0	9

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, DPU 1987

Untuk campuran aspal beton menggunakan Asbuton dengan AC dan PC, hasil saringan #200 yang berupa abu debu (pan) dibuang karena akan digurakan dari mineral Asbuton dan "Portland Cement" sebagai filler. Kemudian ditimbang sesuai kebutuhan dengan menggunakan perbandingan tetap terhadap campuran aspal beton.

Pemakaian Asbuton akan terjadi perubahan jumlah filler karena mineral Asbuton dipakai semua, dengan kandungan Asbuton B-20 yaitu terdapat 80% mineral (filler) dan kadar aspal (bitumen) sebanyak 20%, sehingga akan terdapat penambahan filler sebanyak 80% dari berat total Asbuton yang digunakan terhadap campuran aspal beton. Selain dari mineral Asbuton dipakai juga filler dari Cement Portland yang keduanya mempunyai berat jenis berbeda terhadap filler dari agregat biasa (abu batu). Sehingga perlu jumlah kebutuhan dari Asbuton dan Cement Portland, supaya tidak merusak spesifikasi agregat yang telah ditetapkan. Dengan pertimbangan tersebut maka akan ditetapkan (tanpa variasi) jumlah Asbuton dan kadar Cement Portland yang dibutuhkan.

5.3.5. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah (triple) untuk masing - masing variasi sampelnya, dengan demikian akan dibutuhkan benda uji :

Aspal normal	= 5 x 3 = 15 buah (optimum)
Aspal optimum normal	= 3 x 3 = 9 buah
Aspal optimum dengan Asbuton	= 3 x 3 = 9 buah
Aspal optimum dan Asbuton dengan PC	= 3 x 3 = 9 buah
Sehingga jumlah total benda uji	= 42 buah

Setelah dilakukan perhitungan maka didapat hasil perbandingan prosentase campuran Asbuton dan filler PC pada tiap-tiap kadar AC, seperti pada tabel 5.8, 5.9, 5.10 dan tabel 5.11 sebagai berikut :

Tabel 5.8 Kadar Aspal Normal AC 80/100 untuk Campuran Optimum

Benda Uji	Kadar Aspal AC 80/100 (%)
I	5 %
II	5.5 %
III	6 %
IV	6.5 %
V	7 %

Sumber : Bahan Susun Benda Uji Test Marshall (lampiran 1 – 5)

Tabel 5.9 Kadar Aspal Normal dengan Aspal Optimum 5.95 %

Benda Uji	Kadar Aspal AC 80/100 (%)
I	5.55
II	5.95
III	6.35

Sumber : Bahan Susun Benda Uji Test Marshall (lampiran 6 – 8)

Tabel 5.10 Perbandingan Prosentase Pemakaian AC 80/100 dengan Asbuton B-20 Menggunakan Aspal Optimum 5.95 %

Benda Uji	Kadar Aspal (%)	Kadar Bitumen Asbuton (%)	Kadar AC 80/100 (%)
I	5.55	1.1	4.45
II	5.95	1.1	4.85
II	6.35 %	1.1	5.25

Sumber : Bahan Susun Benda Uji Test Marshall (lampiran 9 - 11)

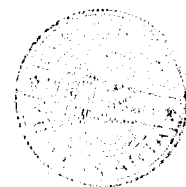
Tabel 5.11 Perbandingan Prosentase Pemakaian AC 80/100 dan Asbuton B-20 dengan filler PC Menggunakan Aspal Optimum 5.95 %

Benda Uji	Kadar Aspal	Kadar Bitumen Asbuton	Kadar AC 80/100	Kadar PC Terhadap Filler Asli
I	5.55 %	0.97 %	4.58 %	12 %
II	5.95 %	0.97 %	4.98 %	12 %
III	6.35 %	0.97 %	5.38 %	12 %

Sumber : Bahan Susun Benda Uji Test Marshall (lampiran 12 - 14)

Cara pembuatan benda uji dari semua kriteria campuran tersebut dapat dilakukan secara berurutan, yaitu :

1. Aspal dipanaskan sampai mencair/kurang lebih suhu 160°C dan secara terpisah agregat dicampur sesuai dengan timbangan dan Job Mix setiap benda uji yang telah dihitung kemudian dipanaskan sampai suhu 180°C .
2. Pencampuran Aspal dan Agregat disesuaikan dengan masing-masing Job Mix benda uji, kemudian dipanaskan atau dijaga pada suhu 160°C dan diaduk sampai merata.
3. Campuran dimasukkan kedalam cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 7.5 cm yang telah diolesi dengan minyak pelumas terlebih dahulu. Cara memasukkan dan menyusun campuran kedalam cetakan, sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi, dan 10 kali dibagian tengah supaya agregat kasar dan halus dapat merata.
4. Kemudian suhu dijaga sampai 140°C , dan dilakukan pemadatan dengan cara ditumbuk sebanyak 2×75 kali, yaitu 75 kali pada tiap sisi.
5. Setelah selesai, benda uji didiamkan sampai suhunya turun dan diberi tanda sesuai dengan kriteria campuran masing-masing. Benda uji kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan "Ejector".
6. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar menjadi jenuh air.
7. Selanjutnya benda uji direndam dalam bak perendam ("water bath") dengan suhu konstan sebesar 60°C selama 30 menit.
8. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari bak perendam kemudian diuji Marshall.



5.3.6 Pengujian Marshall

Pengujian dengan Marshall Test yaitu untuk memperoleh nilai stabilitas (Stability), kelelahan (Flow), kepadatan (Density), VITM ("Void In The Mix"), VFWA ("Void Filled With Asphalt") dan "Quotient Marshall" (QM).

Pelaksanaan Pengujian Marshall ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Persiapan Pengujian, yang meliputi
 - a. Pengukuran benda uji
 - b. Benda uji direndam dalam air 1 x 24 jam untuk mengetahui variasi sampel aspal dan kemudian ditimbang dalam air.
 - c. Penimbangan kedua dalam keadaan kering
 - d. Benda uji direndam dalam water bath suhu 60° selama 30 menit
 - e. Peralatan Marshall disiapkan dan benda uji diletakkan pada alat Marshall setelah dikeringkan dari water bath
 - f. Kepala penekan dan benda uji dinaikkan sampai menyentuh alas cincin pengujian (proving ring), kemudian diatur jarum pengujian tekan sampai posisi angka nol.
2. Pelaksanaan Pengujian
 - a. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/ menit sampai pembebanan maksimum dicapai (pada saat arloji berhenti) dan mulai kembali turun.
 - b. Setelah pembebanan selesai, segmen diatas diangkat dan benda uji diambil dari kepala penekan. Sampai tahap ini berarti benda uji selesai dalam pengujian Marshall.

5.4 Analisa Data

Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah sebagai berikut :

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

Untuk mendapatkan nilai-nilai dari karakteristik uji Marshall diperlukan data lainya yaitu :

- a. Berat jenis aspal
- b. Berat jenis agregat, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\mathbf{Bj\ agregat} = \frac{100}{(X / F1) + (Y / F2) + (Z / F3)}$$

Keterangan : X= Prosentase agregat kasar F1= Berat jenis agregat kasar

Y= Prosentase agregat halus F2= Berat jenis agregat halus

Z= Prosentase Filler F3= Berat jenis filler

- c. Berat jenis teoritis campuran

$$\mathbf{Bj\ max} = \left\{ 100 : \left(\frac{\%Agg}{Bj.Agg} + \frac{\%Aspal}{Bj.Agg} \right) \right\}$$

Setelah diadakan uji Marshal, untuk mengetahui karakteristikn masing-masing maka digunakan perhitungan terhadap nilai-nilainya sebagai berikut :

1. Kepadatan (g)

$$\text{Density (g)} = \frac{c}{f} \qquad f = \frac{d-e}{\gamma_{\text{air}}}$$

Keterangan : g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat jenis kering sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

γ_{air} = Berat jenis air (gr/cc)

2. VFWA / prosentase rongga campuran terisi aspal (m)

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

Dengan : $i = b \times (g / BJ_{\text{aspal}})$

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

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

$$l = (100 - j)$$

Keterangan : a = Prosentase aspal terhadap batuan

b = Prosentase aspal terhadap campuran

i dan j = rumus substitusi

l = Prosen rongga terisi aspal (%)

3. VITM / prosentase rongga dalam campuran (n)

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

$$\text{Keterangan : } h = \frac{100}{\left[\left(\frac{\% . agregat}{BJ . agregat} \right) + \left(\frac{\% . aspal}{BJ . aspal} \right) \right]}$$

h = berat jenis maksimum teoritis campuran

4. Stabilitas (q)

Stabilitas = $p \times$ koreksi tebal benda uji

Keterangan : o = Pembacaan arloji stabilitas

$p = o \times$ kalibrasi alat (proving ring)

$q =$ Stabilitas sesungguhnya

5. Kelelehan /“Flow” (r)

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

$r =$ pembacaan arloji flow pada alat $\times 25.4 \times 0.01$

6. “Quotient Marshall” (QM)

$$QM = \frac{q}{r}$$

Keterangan : $q =$ Nilai stabilitas terpakai (Kg)

$r =$ Nilai flow terpakai (mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian Marshall dan didapatkan nilai-nilai karakteristik Marshall, kemudian dibuat grafik hubungan antar kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan

terhadap spesifikasi yang disyaratkan dari Bina Marga, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum ini sebagai pedoman untuk membuat campuran perkerasan. Sedangkan untuk mencari kadar aspal optimum pada penelitian ini digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Aspal Optimum} = \frac{VFWA \text{ min} + Flow \text{ max}}{2}$$

Aspal optimum ini dicari hanya pada campuran awal aspal beton dengan aspal normal. Untuk penelitian dari ketiga variasi campuran tidak mencari aspal optimum, karena kadar aspal (AC 80/100) yang digunakan adalah aspal optimum yang telah didapatkan sebelumnya.

BAB. VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

6.1.1. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Berdasarkan penelitian yang dikerjakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII Yogyakarta. Khusus penelitian Asbuton B-20 diambil data dari Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Yogyakarta. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa material-material tersebut masih memenuhi persyaratan. Data hasil pemeriksaan dapat dilihat pada *tabel 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, dan tabel 6.5* sebagai berikut :

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Keausan dengan Mesin Los Angeles (%)	40	32.76
2	Kelekatan terhadap aspal (%)	95	98
3	Penyerapan agregat terhadap air (%)	3	2.27
4	Berat jenis/ Bulk (gr/ cc)	2.5	2.51

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983 dan Penelitian Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII (lampiran 21 - 23)

Tabel 6.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Sand Equivalent (%)	50	69
2	Penyerapan terhadap air (%)	3	1.63
3	Berat jenis (gr/ cc)	2.5	2.73

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983 dan Penelitian Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII (lampiran 24 dan 25)

Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 80/100

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Penetrasi (25 °C, 5 detik) (0.1 mm)	80 – 99	83.8
2	Titik lembek (Ring & Ball) °C	46 – 54	49
3	Titik nyala (Cleve Open Cup) °C	225	343
4	Kelarutan (CCl ₄ atau CS ₂) (% berat)	99	99.25
5	Daktilitas (25 °C, 5 cm/ menit) cm	100	165
6	Berat jenis (gr/ cc)	1	1.04

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983 dan Penelitian Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII (lampiran 28 – 33)

Tabel 6.4. Hasil Pemeriksaan Asbuton B-20

No	Jenis Pemeriksaan	Bitumen		Mineral	
		Syarat	Hasil	Syarat	Hasil
1	Ekstraksi (%)	17.5-22.5	21.69	82.5-77.5	78.31
2	Berat jenis (gr/ cc)		1.024		1.1252

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983 dan Penelitian Laboratorium Teknik Transportasi FTS UGM (lampiran 19 dan 20)

Tabel 6.5. Hasil Pemeriksaan “Portland Cement” Produksi Gresik

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1	Ukuran butiran	Lolos # 200	Memenuhi
2	Kandungan air (%)	1	0.33
3	Berat jenis (gr/cc)	3	3.12

Sumber : LASTON No. 13/ PT/ B /1983 dan Penelitian Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII (lampiran 27)

6.1.2. Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Setelah dilakukan penelitian dengan Test Marshall dan analisa diperoleh nilai-nilai yaitu : density, stabilitas, flow, VITM, VFWA dan Quotient Marshall. Penelitian ini yang pertama dikerjakan adalah mencari kadar aspal optimum

menggunakan campuran aspal normal (AC 80/100) dan data-data hasil uji Marshall tersebut dicantumkan pada *tabel 6.6* sebagai berikut :

Tabel 6.6. Hasil Test Marshall Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 untuk KadarAspal Optimum

No	Marshall Porperties	Kadar Aspal (AC 80/100) terhadap Campuran				
		5 %	5.5 %	6 %	6.5 %	7 %
1	Density (gr/cc)	2.2826	2.2841	2.2897	2.3017	2.3098
2	Stabilitas (kg)	2229.7	2267.1	2302.6	2186.9	2172.3
3	Flow (mm)	3.7465	3.429	3.6195	4.7413	4.9953
4	VFWA (%)	66.049	71.076	76.655	83.458	89.395
5	VITM (%)	5.6359	4.9124	4.0224	2.8539	1.8470
6	QM (Kg/mm)	697.63	665.62	632.24	479.07	483.94

Sumber : Penelitian Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP UII, Yk
(lampiran 15).

Kadar aspal optimum ini digunakan untuk mencari karakteristik Marshall yang sebenarnya (sesuai tujuan). Hasil dari penelitian ditampilkan pada *tabel 6.7* - 6.9 sebagai berikut :

Tabel 6.7. Hasil Test Marshall Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 Menggunakan Kadar Aspal Optimum 5.95 %

No	Marshall Porperties	Kadar Aspal (AC 80/100) terhadap Campuran		
		5.55 %	5.95 %	6.35 %
1	Density (gr/cc)	2.291	2.301	2.306
2	Stabilitas (kg)	2090.257	2165.132	2051.084
3	Flow (mm)	2.8575	3.1115	4.572
4	VFWA (%)	73.373	78.3879	83.0745
5	VITM (%)	4.4851	3.7301	2.9715
6	QM (kg/mm)	736.242	702.081	451.067

Sumber : Penelitian Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP UII, Yk
(lampiran 16)

Tabel 6.8. Hasil Test Marshall Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 5.1 % (Bitumen 1.1 %), Menggunakan Kadar Aspal Optimum 5.95 %

No	Marshall Porperties	Kadar Aspal (Bitumen) Total terhadap Campuran		
		5.55 % (AC 80/100 4.45%)	5.95 % (AC 80/100 4.85%)	6.35 % (AC 80/100 5.25%)
1	Density (gr/cc)	2.168	2.171	2.184
2	Stabilitas (kg)	1415.77	1548.59	1454.94
3	Flow (mm)	3.7465	3.683	4.2333
4	VFWA (%)	54.654	57.753	62.577
5	VITM (%)	9.6034	9.0759	8.0314
6	QM (kg/mm)	382.957	450.536	349.331

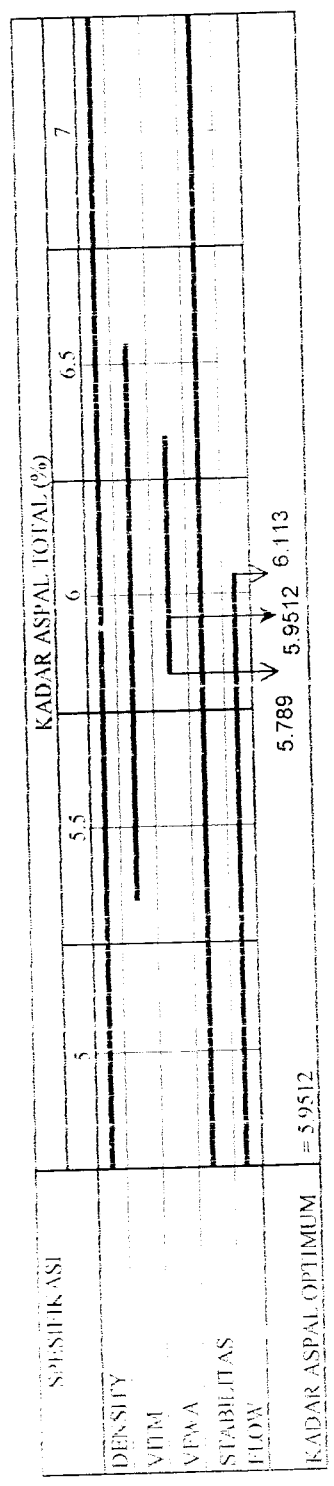
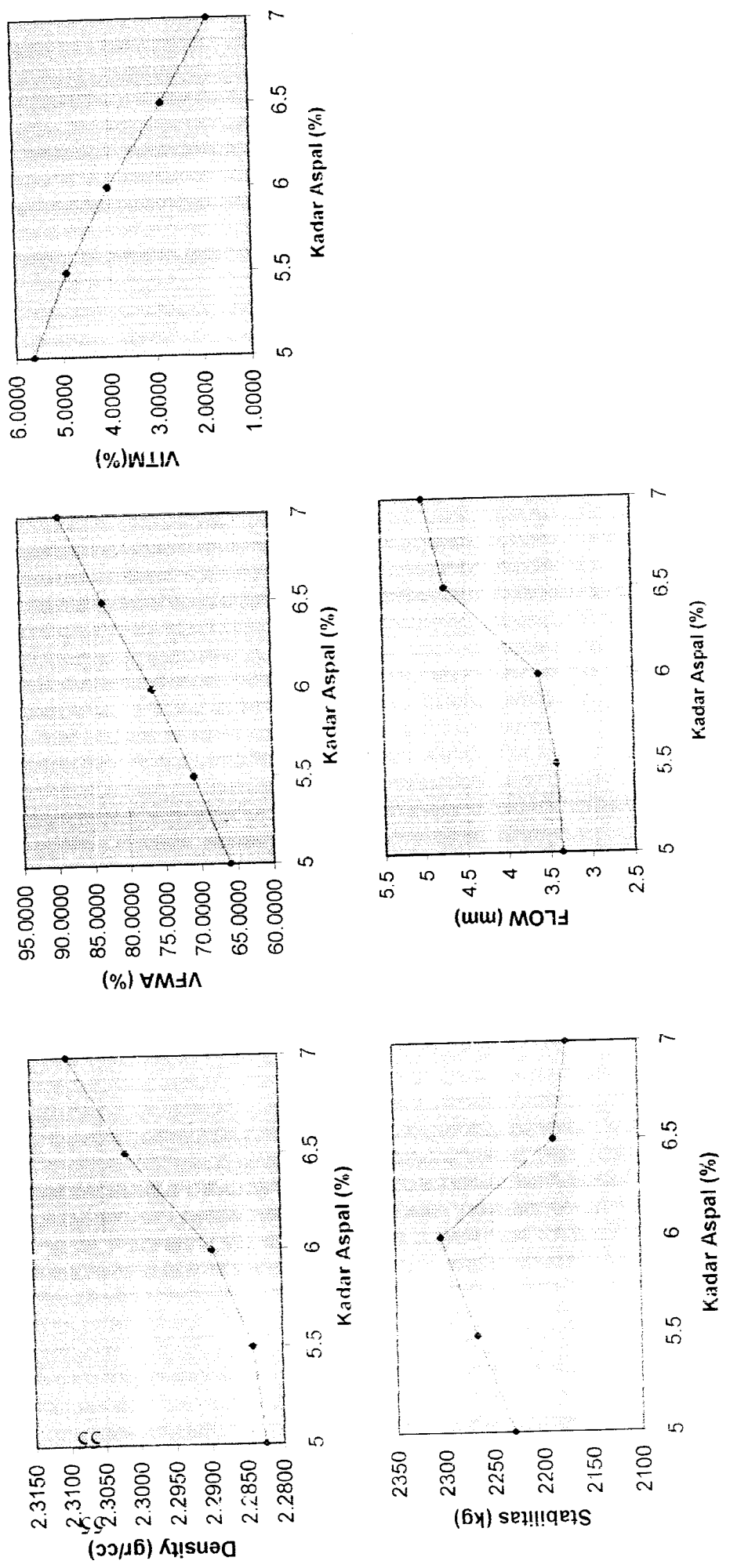
Sumber : Penelitian Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP UII, Yk
(lampiran 17)

Tabel 6.9. Hasil Test Marshall Campuran Aspal Beton Bahan Ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 4.47 % (Bitumen 0,97 %) dengan Mineral PC 1.33 %, Menggunakan Aspal Optimum 5.95 %.

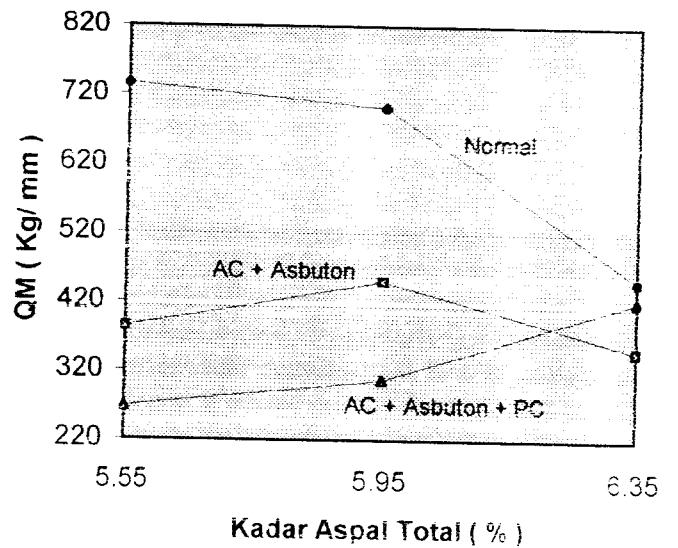
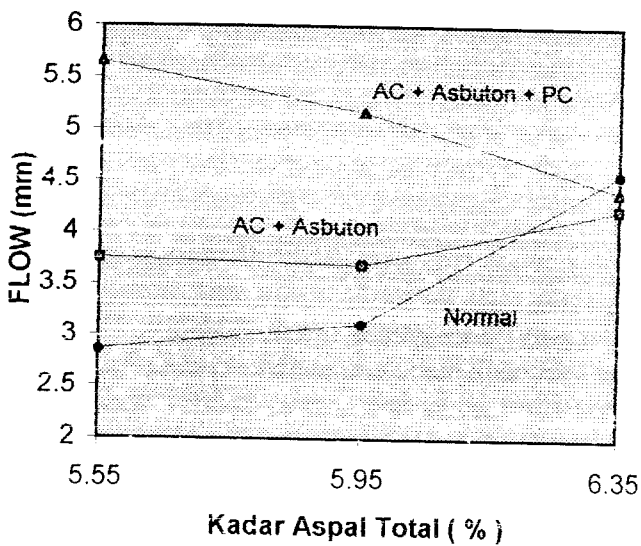
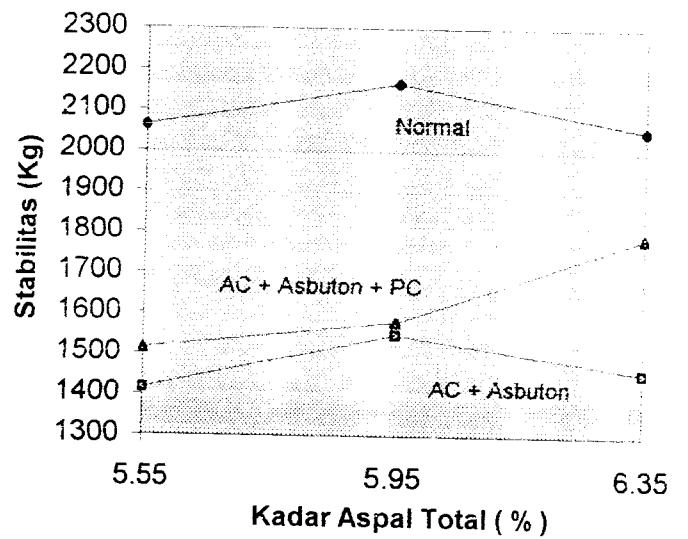
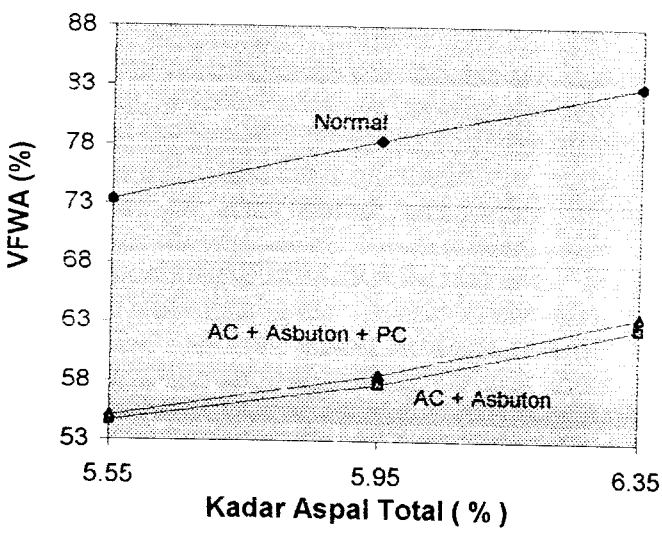
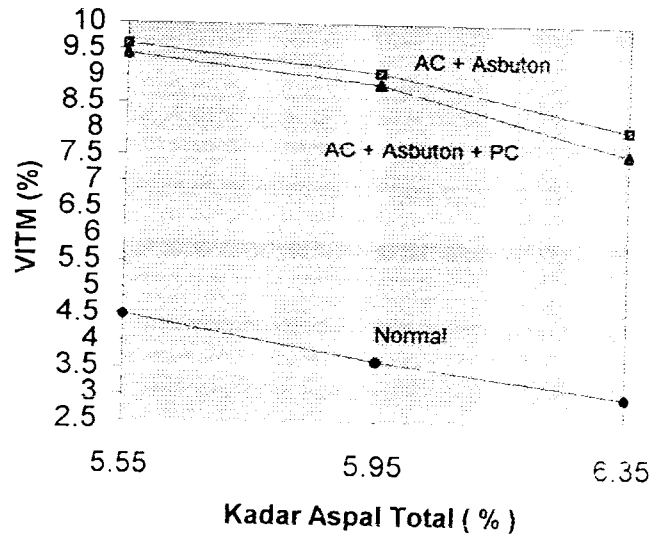
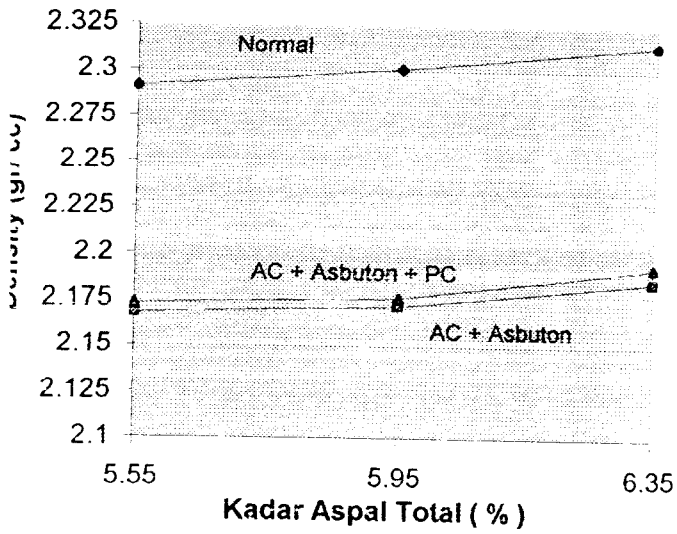
No	Marshall Porperties	Kadar Aspal (Bitumen) Total terhadap Campuran		
		5.55 % (AC 80/100 4.58%)	5.95 % (AC 80/100 4.98%)	6.35 % (AC 80/100 5.38%)
1	Density (gr/cc)	2.1652	2.1757	2.1924
2	Stabilitas (kg)	1513.67	1578.93	1787.45
3	Flow (mm)	5.6515	5.1647	4.4027
4	VFWA (%)	55.0832	58.5422	63.5960
5	VITM (%)	9.4185	8.8643	7.7377
6	QM (kg/mm)	267.853	306.537	422.731

Sumber : Penelitian Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil FTSP UII, Yk
(lampiran 18)

Dari nilai-nilai karakteristik Marshall tersebut kemudian dibuat grafik, baik terhadap hasil pemeriksaan untuk mencari kadar aspal optimum, maupun pada hasil penelitian menggunakan aspal optimum. Grafik hasil penelitian ini masing masing dapat dilihat pada *gambar 6.1* dan *gambar 6.2* sebagai berikut :



Gambar 6.1 : Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Nilai Marshall



Gambar 6.2 : Grafik Hubungan Kadar Aspal Dengan Nilai Marshall Terhadap Kadar Aspal Optimum 5.95 %

6.2. Pembahasan

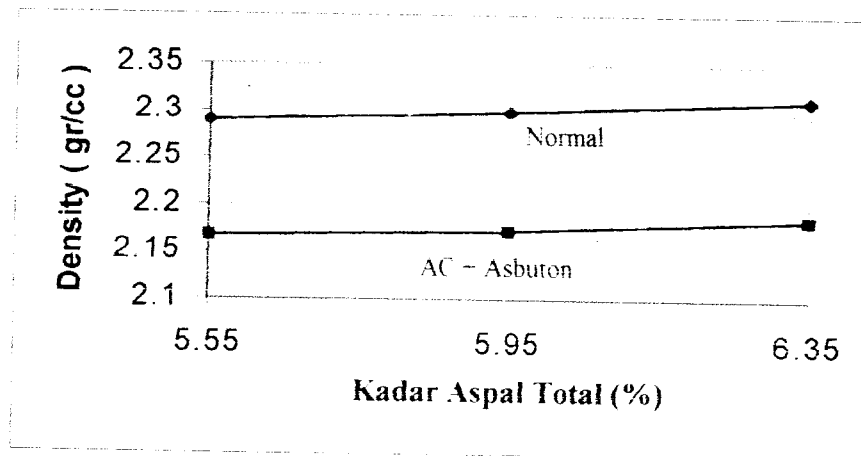
Pembahasan hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik Lapis Aspal Beton menggunakan bahan ikat Asbuton B-20 dengan peremaja AC 80/100, dan campuran kedua bahan ikat tersebut ditambah PC, untuk mengetahui pengaruh kandungan filler pada campuran aspal beton. Analisa kemudian dilakukan terhadap nilai-nilai karakteristik Marshall yang ditinjau.

6.2.1. Pembahasan Campuran Aspal Beton AC 80/100 (normal) dan Campuran Asbuton B-20 dengan Peremaja AC 80/100

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap berat campuran aspal beton ditetapkan kebutuhan bitumen Asbuton B-20 adalah 1.1 % dan 4 % mineralnya sebagai filler pengganti filler asli (abu batu), dengan variasi AC 80/100 terhadap kadar aspal optimum 5.95 % (lihat tabel 5.10).

6.2.1.1. Evaluasi Nilai "Density" (kepadatan)

"Density" merupakan kepadatan campuran perkerasan aspal beton yang menunjukkan tingkat kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Hasil penelitian memperlihatkan jika nilai "Density" meningkat maka kepadatan campuran juga bertambah baik. Hal ini disebabkan karena kerapatan yang baik berarti bidang kontak antar agregat juga semakin luas, sehingga gaya gesek ("friction") antar agregat yang terjadi juga bertambah besar. Nilai hubungan antara kadar aspal total dan nilai "Density" dapat dilihat pada *gambar 6.3* sebagai berikut :



Gambar 6.3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density

Dari gambar 6.3 nilai "Density" yang ditunjukkan semakin naik seiring naiknya kadar aspal total pada campuran aspal beton yang diberikan, baik pada kadar aspal dibawah kadar aspal optimum (5.55 %), maupun diatas optimum (6.35 %). Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya kadar aspal, maka rongga antar agregat dalam campuran semakin terisi baik, sehingga setelah dilakukan pemadatan maka ruang kosong antar agregat akan terisi oleh aspal. Semakin bertambahnya kadar aspal maka jumlah rongga terisi aspal bertambah besar, dan aspal juga akan mempermudah butiran agregat yang lebih kecil untuk mengisi ruang antar agregat yang lebih besar sehingga campuran semakin rapat.

Hasil dari gambar 6.3 menunjukkan bahwa pada kadar aspal optimum 5.95%, nilai density yang dicapai campuran aspal beton bahan ikat Asbuton B-20 dengan peremaja AC 80/100 yaitu 2.171 gr/cc dan nilai "Density" campuran bahan ikat AC 80/100 (normal) adalah 2.301 gr/cc. Dengan demikian campuran Asbuton dengan "Asphalt Cement" lebih rendah. Hal ini disebabkan adanya bitumen Asbuton sebesar 1.1 % harus diremajakan dulu oleh AC 80 100, sehingga menyebabkan kandungan bitumen total dalam campuran berkurang

Jumlah/ kadar filler dari komposisi agregat juga berpengaruh pada "Density". Karena adanya perbedaan berat jenis antara filler asli dengan filler dari mineral asbuton, maka filler asbuton harus dikoreksi terlebih dahulu agar volume filler terpakai tidak mengganggu karakteristik campuran (lihat lampiran 9 - 11).

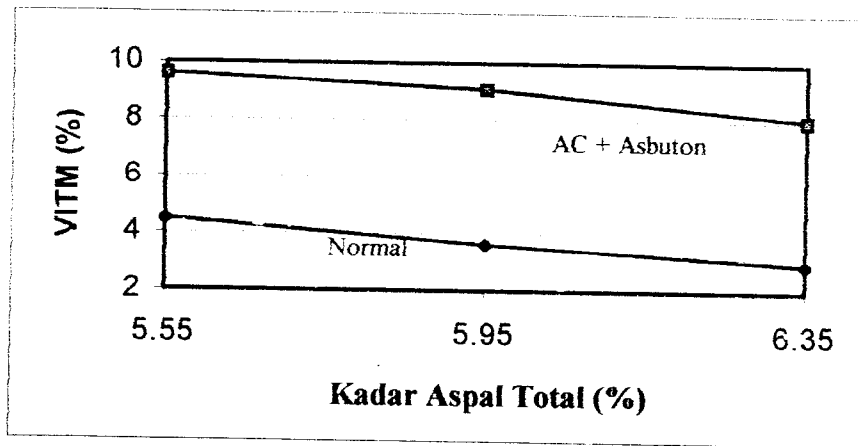
Dari hasil perhitungan didapatkan kalau jumlah filler mineral asbuton terpakai (pengganti) yaitu 48 gr adalah lebih sedikit dari filler mineral asli atau abu batu adalah 108 gr (lihat lapiran 6 - 11), sehingga "Density" yang dihasilkan rendah. Penyebab dari sifat ini karena rongga campuran aspal beton yang ada kurang dapat terisi mineral (filler) secara maksimal sesudah dipadatkan. Sifat tersebut dapat dibuktikan dengan nilai "Density" pada kadar aspal total 5.95 % dan 6.35 % adalah (2.171 - 2.178) gr/cc, yang mempunyai kenaikan nilai "Density" lebih tinggi dibandingkan pada kadar aspal total 5.55 % dan 5.95 % yaitu (2.167 - 2.171) gr/cc. Hal ini karena mineral Asbuton (sebagai filler) pada kondisi optimum telah diremajakan semuanya oleh AC 80/100.

6.2.1.2. Evaluasi Nilai VITM ("Void In The Mix")

"Void In The Mix" merupakan prosentase rongga yang terdapat dalam campuran terhadap total campuran, dan merupakan kebalikan dari nilai "Density". Meningkatnya nilai VITM menunjukkan jumlah rongga dalam campuran bertambah. Keadaan ini mengakibatkan air dan udara mudah masuk dalam campuran, dan menyebabkan aspal yang menyelubungi batuan mudah teroksidasi. Proses oksidasi menyebabkan film aspal makin tipis karena hasil oksidasi mudah larut dan terbawa air, dan menurunkan kadar aspal total. Penurunan kadar aspal

ini menyebabkan lekatan antar butiran menjadi berkurang dan akhirnya terjadi pelepasan butiran agregat dari campuran perkerasan aspal beton ("Ravelling") dan akhirnya lapisan aspal beton terbuka ("Stripping").

Hasil pengujian menunjukkan nilai VITM menurun dengan meningkatnya kadar aspal campuran (total), baik sebelum kadar aspal optimum 5.55 % maupun sesudah optimum (6.35 %). Peningkatan kadar aspal menyebabkan rongga dalam campuran dapat terisi dengan baik, sehingga jumlah/ kandungan rongga juga berkurang. Hasil penelitian dapat dilihat pada *gambar 6.4* sebagai berikut :



Gambar 6.4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VITM

Pada *gambar 6.4* ditunjukkan bahwa nilai VITM yang diperoleh dari kedua jenis campuran tidak sama, yang ditinjau pada kadar aspal optimum 5.95%. Campuran menggunakan bahan ikat Asbuton dan peremaja "Asphalt Cement" mempunyai nilai VITM lebih tinggi (9.076 %) dari nilai VITM campuran aspal beton normal yaitu 3.63 %. Hal ini disebabkan karena mineral Asbuton yang berfungsi menggantikan filler asli harus dikeluarkan dulu oleh AC 80/100. Keadaan ini menyebabkan ketika campuran mulai terbentuk mineral Asbuton tidak bisa mengisi rongga antar butiran agregat secara maksimal, karena mineral

Asbuton belum bisa diremajakan semuanya dari bitumennya sendiri. Karena berat jenis filler mineral asbuton (1.125 gr/cc) juga lebih kecil dari filler asli (mineral abu batu) yaitu 2.532 gr/cc (lihat lampiran 19 dan 26), sehingga reaksi untuk mengisi rongga campuran kurang optimum.

Faktor lain yang mempengaruhi VITM yaitu komposisi agregat, dalam hal ini adalah jumlah/ kadar filler yang digunakan dan diperoleh bahwa kadar filler yang tinggi akan memperkecil VITM. Karena adanya perbedaan berat jenis antara filler asli dengan filler dari mineral Asbuton, maka memerlukan koreksi terlebih dahulu terhadap filler Asbuton agar volume filler terpakai tidak mengganggu karakteristik campuran Aspal Beton yang direncanakan (lihat lampiran 9 – 11).

Dari hasil perhitungan didapatkan kalau jumlah filler terpakai mineral Asbuton 48 gr/cc adalah lebih sedikit dari filler mineral asli (abu batu) yaitu 108 gr/cc, sehingga menyebabkan nilai VITM yang dihasilkan lebih tinggi, karena rongga campuran aspal beton yang ada kurang dapat terisi dengan baik. Demikian juga bitumen Asbuton akan mengurangi jumlah bitumen dari Asphalt Cement (AC 80/100), sehingga menyebabkan jumlah aspal campuran (total) tidak bisa mengisi rongga dalam campuran secara optimum.

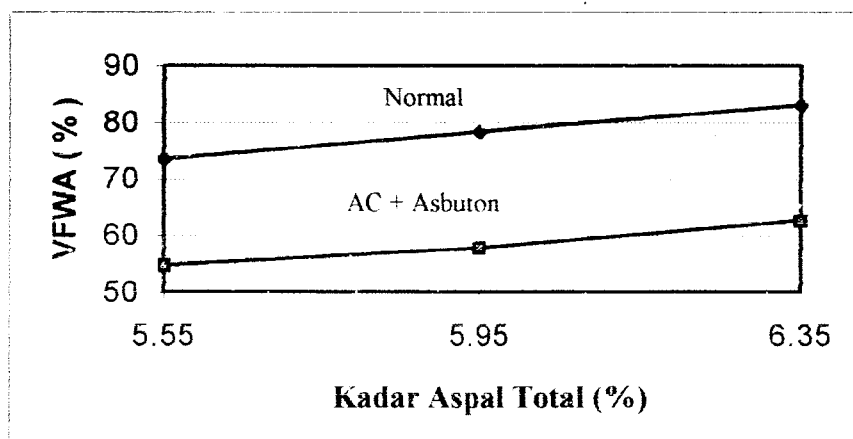
Pengaruh ini semakin jelas pada campuran aspal beton Asbuton dengan Asphalt Cement setelah menggunakan kadar aspal diatas kadar aspal optimum (6.35 %). Nilai yang ditunjukkan adalah adanya penurunan nilai VITM lebih tinggi yaitu (9.076 – 8.241) %, dibanding nilai sebelum optimum (9.603 – 9.076) %. Hal ini disebabkan karena pada kondisi kadar aspal optimum, Asbuton terpakai telah dapat diremajakan semuanya antara mineral dan bitumennya.

Dengan demikian campuran aspal beton dipengaruhi oleh perbedaan berat jenis filler yang digunakan dari kedua macam campuran aspal tersebut.

6.2.1.3. Evaluasi Nilai VFWA (Void Filled With Asphalt)

Void Filled With Asphalt menunjukkan besarnya prosentase rongga dalam campuran, dan nilai VFWA ini berhubungan erat dengan VITM. Dengan semakin bertambahnya kadar aspal total dalam campuran maka nilai VFWA akan naik dan sebaliknya nilai VITM memberikan prosentase turun terhadap lapis campuran aspal beton. Nilai VFWA semakin besar menunjukkan bahwa campuran semakin rapat dan kedap terhadap air dan udara, karena campuran tersebut mempunyai kandungan rongga yang sedikit, sehingga banyak terisi oleh aspal.

Hasil dari penelitian hubungan nilai VFWA dengan kadar aspal total (bitumen AC 80/100 dan Asbuton) dapat dilihat pada *gambar 6.5* sebagai berikut :



Gambar 6.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFWA

Dari *gambar 6.5* menunjukkan bahwa pada kadar aspal sama yaitu ditinjau kondisi kadar aspal optimum 5.95 %, nilai VFWA yang dicapai campuran aspal beton bahan ikat Asbuton dan peremaja "Asphalt Cement" 57.753 % adalah lebih

rendah dari nilai VFWA campuran aspal beton normal (78.388 %). Penyebab sifat ini adalah pada bitumen Asbuton, yang jumlahnya telah mengurangi kandungan bitumen Asphalt Cement dan harus dikeluarkan dulu oleh AC 80/100. Keadaan tersebut mengakibatkan ketika campuran mulai terbentuk, bitumen terpakai dalam campuran berkurang dan tidak bisa mengisi rongga antar butiran agregat secara maksimal.

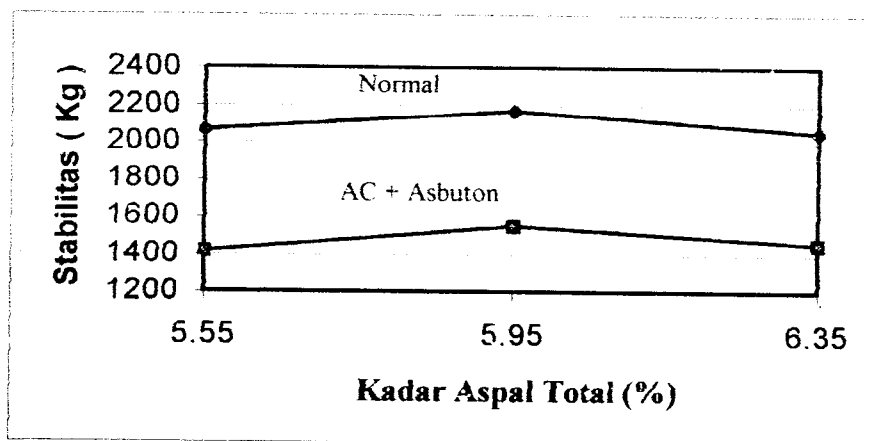
Faktor lain yang berpengaruh terhadap nilai VFWA adalah berat jenis mineral pada filler yang digunakan juga berbeda. Dalam hal ini akan menentukan banyak sedikitnya filler terpakai, agar filler pengganti tidak merusak karakteristik campuran aspal beton. Seperti pada VITM, maka jumlah filler yang dibutuhkan pada campuran Asbuton dengan peremaja Asphalt Cement adalah lebih sedikit yaitu 48 gr dengan 108 gr pada campuran normal (lihat lampiran 6 – 11). Hal ini akan menyebabkan konsistensi aspal menurun, karena dengan penambahan filler dan berat jenis lebih besar justru akan meningkatkan konsistensi aspal pada campuran aspal beton.

Konsistensi aspal yang rendah mengakibatkan aspal tidak bereaksi maksimal terhadap campuran, yang dapat terlihat adanya pengumpalan aspal pada tempat-tempat tertentu dan menyebabkan ruangan yang belum terisi aspal lebih banyak pada campuran aspal beton. Pengaruh ini dapat dilihat pada nilai VFWA setelah Asbuton dapat diremajakan semuanya yaitu pada kondisi kadar aspal optimum, yang ditunjukkan dengan nilai sesudah optimum (6.35 %) adalah didapatkan kenaikan lebih tinggi (57.753 – 61.925) % dibanding kenaikan nilai VFWA sebelum kadar aspal optimum yaitu (54.64 - 57.753) %.

6.2.1.4. Evaluasi Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan maksimum suatu lapisan perkerasan campuran aspal beton dalam menerima beban, sampai terjadi keruntuhan. Nilai stabilitas juga mencerminkan kerapatan campuran, semakin rapat campuran maka semakin tinggi nilai stabilitas yang dihasilkan dan juga berakibat sebaliknya. Kerapatan campuran ini dapat dicapai dengan pemakaian agregat bergradasi menerus dan penggunaan bentuk agregat yang tidak seragam.

Hasil pengujian Marshall untuk hubungan nilai stabilitas dengan kadar aspal total dapat dilihat pada *gambar 6.6* sebagai berikut :



Gambar 6.6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Pada *gambar 6.6* ditunjukkan bahwa nilai stabilitas tidak naik terus seiring bertambahnya kadar aspal campuran (total), baik untuk nilai stabilitas campuran normal maupun Stabilitas aspal beton bahan ikat Asbuton dan "Asphalt Cement", terhadap aspal optimum 5.95 %. Peningkatan kadar aspal akan bereaksi maksimum terhadap campuran beton aspal pada kondisi kadar aspal optimum, sehingga aspal berlebih pada campuran dan menyebabkan "Bleeding". Hal ini karena aspal pada suhu tinggi/ saat penumbukan akan melunak (viskositas menurun), dan

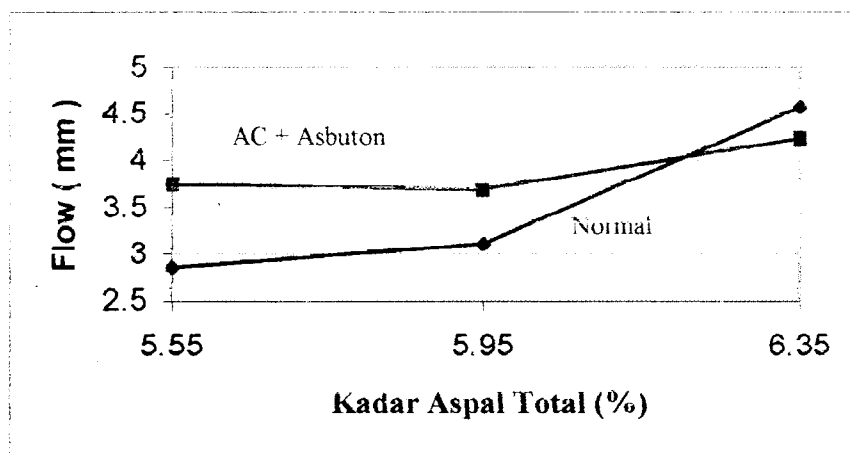
digunakan. Telah diketahui sebelumnya bahwa jumlah filler mineral Asbuton lebih sedikit, dan berat jenisnya juga lebih kecil dibandingkan campuran aspal normal (lihat lampiran 6-11). Kondisi filler dari Asbuton ini membuat mineral Asbuton kurang dapat mengisi rongga dalam campuran, sehingga bidang kontak antar butiran juga ikut mengecil. Dengan demikian campuran Asbuton dengan peremaja AC masih lebih rendah dari campuran aspal normal (lihat gambar 6.6).

Selain itu filler dapat mempengaruhi viskositas dalam campuran pada suhu tinggi (pencampuran), sehingga dengan karakteristik mineral masing-masing filler, maka menghasilkan viskositas campuran Asbuton dan peremaja AC akan lebih rendah. Hal ini menyebabkan nilai Stabilitas yang ditinjau pada kadar aspal optimum yaitu 1548.59 Kg, lebih rendah dari nilai Stabilitas campuran aspal beton normal sebesar 2165.13 Kg.

Dari *gambar 6.6* menunjukkan nilai Stabilitas campuran Aspal Beton antara Asbuton dengan bahan peremaja AC 80/100 menurun pada kadar aspal 6.35 % yaitu 1548.59 Kg - 1454.93 Kg. Hal ini disebabkan pada kondisi optimum Asbuton telah mampu diremajakan semua oleh AC 80/100. Karena filler kandungan maksimal (mineral asbuton telah diremajakan semua) dalam campuran tersebut juga sedikit (lihat lampiran 9-11), maka penambahan kadar aspal sesudah kadar aspal optimum 6.35 % justru menyebabkan kandungan aspal total dalam campuran tersebut berlebih yaitu pada nilai VFWA 61.925 %. Kelebihan aspal akan dapat memperlicin ikatan antar agregat sehingga menghambat "Interlocking" antar agregat dan menyebabkan agregat mudah bergeser, karena pada suhu panas (saat penumbukan) viskositas aspal juga menurun.

6.2.1.5. Evaluasi Nilai “Flow” (kelelahan)

“Flow” menunjukkan besarnya deformasi campuran Aspal Beton akibat beban yang bekerja. Nilai “Flow” akan tinggi dapat disebabkan karena ikatan antar butiran kurang baik, dan viscositas aspal dalam campuran tinggi. Komposisi agregat terutama pada karakteristik filler terpakai, yang dapat menurunkan konsistensi aspal terhadap campuran aspal beton, juga menyebabkan nilai flow akan tinggi. Dengan demikian Flow/ kelelahan berkaitan dengan nilai “Density”, VITM, VFWA dan Stabilitas campuran aspal beton yang dihasilkan. Untuk nilai “Flow” dari hasil penelitian dapat dilihat pada *gambar 6.7* sebagai berikut :



Gambar 6.7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Flow

Dari *gambar 6.7* menunjukkan nilai “Flow” campuran Aspal Beton normal (AC 80/100) meningkat, seiring naiknya kadar aspal total pada campuran yang ditinjau terhadap kadar aspal optimum 5.95 %. Nilai “Flow” pada campuran Beton Aspal tersebut naik, karena dengan bertambahnya kadar aspal AC 80/100 menyebabkan viscositas aspal campuran (total) turun, dan bidang gesek antar agregat campuran menjadi berkurang. Aspal yang mengisi rongga antar agregat akan memberikan sifat elastis, dan menjadi maksimal pada saat kondisi kadar

aspal (5.95 - 6.35) % sebesar 3.1115 mm ke 4.572 mm, yang lebih tinggi kenaikannya dibandingkan dengan nilai pada kadar aspal (5.55-5.95) % yaitu 2.8575 mm ke 3.1115 mm. Keadaan ini disebabkan aspal justru akan mendesak keluar butiran pengisi (filler) dalam rongga antar agregat campuran Aspal Beton, sehingga deformasi campuran menjadi tinggi untuk menerima beban.

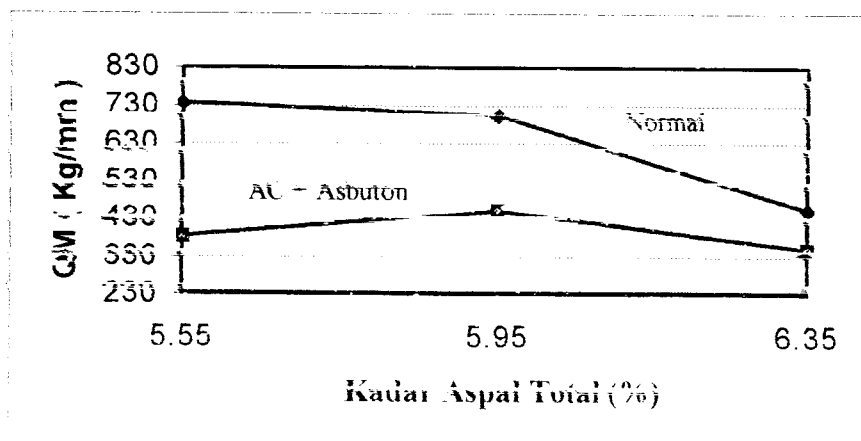
Pada kondisi kadar aspal optimum 5.95 %, campuran Aspal Beton bahan ikat Asbuton dan peremaja "Asphalt Cement" mempunyai nilai "Flow" 3.683 mm, dan lebih tinggi dari campuran normal yaitu 3.1115 mm. Hal ini disebabkan karena filler yang dipakai dalam campuran Asbuton dan peremaja "Asphalt Cement" lebih sedikit (lihat lampiran 9-11), sehingga membuat bidang gesek dan "interlocking" antar agregat berkurang. Karena penetrasi bitumen AC 80/10 tinggi (viscositas rendah), sedangkan kandungan filler dalam campuran Aspal Beton berkurang, maka menyebabkan konsistensi bitumen terhadap agregat menurun. Dengan kondisi ini daya ikat bitumen terhadap agregat juga semakin berkurang, sehingga menyebabkan campuran Aspal Beton mempunyai kelenturan yang tinggi (deformasi besar) dalam menerima beban yang bekerja.

Seperti ditunjukkan *gambar 6.7*, nilai flow campuran Asbuton dan peremaja AC pada kadar aspal 5.55 % adalah 5.655 mm, dan turun pada kadar aspal optimum 5.95 % dengan nilai 5.165 mm. Kondisi ini disebabkan karena bitumen Asbuton tersebut membuat "Viscositas" (kekentalan) aspal total dalam campuran naik, dan seiring bertambahnya aspal maka pengaruh bitumen Asbuton juga bertambah. Kadar bitumen campuran bertambah karena bitumen Asbuton lebih banyak yang diremajakan oleh "Asphalt Cement" sampai maksimal, yaitu pada

saat kadar aspal optimum 5.95 %. Karena pengaruh bitumen Asbuton telah maksimal, dan penambahan kadar aspal total adalah penambahan bitumen AC 80/100, maka bitumen AC ini akan menyebabkan "Viscositas" aspal total turun. Dengan demikian nilai "Flow" setelah kadar aspal optimum (6.35 %) akan naik.

6.2.1.6. Evaluasi Nilai QM

"Marshall Quotient" merupakan nilai berbanding terbalik antara Stabilitas dengan "Flow" (kelelahan). Nilai ini digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan suatu campuran lapis Aspal Beton. Stabilitas tinggi dan disertai nilai kelelahan rendah akan menghasilkan perkerasan bersifat kaku, sehingga dapat mengakibatkan campuran menjadi getas atau mudah mengalami pecah-pecah pada lapis aspal beton, apabila menerima beban lalu lintas. Sebaliknya dengan Stabilitas yang terlalu kecil dan kelelahan besar akan menyebabkan campuran menjadi terlalu plastis. Hal ini mengakibatkan perkerasan Aspal Beton mengalami deformasi besar, sehingga dapat menyebabkan perkerasan tidak rata setelah menerima beban lalu lintas berulang. Sedangkan hasil penelitian ditunjukkan dalam gambar 6.8 sebagai berikut :



Gambar 6.8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan QM

Dari *gambar 6.8* terlihat bahwa nilai QM campuran aspal beton normal lebih tinggi dari aspal beton bahan ikat Asbuton dengan peremaja AC, yang ditinjau pada kadar aspal optimum 5.95 %. Pengaruh ini disebabkan karena nilai Stabilitas aspal normal terlalu tinggi yaitu 2165.132 Kg, yang dibandingkan dengan nilai kelelehannya 3.1115 mm. Sedangkan pada campuran aspal beton bahan ikat Asbuton dengan peremaja AC lebih rendah, yaitu antara stabilitas 1548.59 Kg dibanding nilai kelelehan 3.683 mm.

Nilai QM aspal normal (AC 80/100) turun sejalan naiknya kadar aspal, dan setelah kadar aspal optimum (6.35 %) mengalami penurunan tinggi, yaitu dari 702.081 Kg/mm pada kondisi optimum turun menjadi 451.067 Kg/mm, dibandingkan sebelum kadar aspal optimum 5.55 % yaitu dari (702.081 – 736.242) Kg/mm. Hal ini karena setelah kadar aspal optimum 6.35 % nilai Stabilitas turun (2165.13 – 2051.08) Kg, sedangkan nilai kelelehan mengalami kenaikan yang lebih tinggi (3.1115 – 4.572) mm.

Pada campuran Asbuton dengan peremaja AC, nilai QM sebelum optimum mengalami kenaikan yaitu dari 382.96 Kg/mm naik sampai 450.53 Kg/mm (optimum). Hal ini disebabkan nilai Stabilitas turun dan nilai kelelehan juga tidak terlalu tinggi. Sedangkan setelah kadar aspal optimum 6.35 % nilai QM turun (450.53-349.33) Kg/mm, karena setelah kadar aspal optimum nilai kelelehan meningkat (3.683 – 4.233) mm dan nilai Stabilitas turun yaitu (1548.59 – 1454.94) Kg.

6.2.2 Pembahasan Campuran Asbuton dan AC 80/100 terhadap Campuran AC 80/100 dan Asbuton B-20 Tambah PC Jenis Gresik

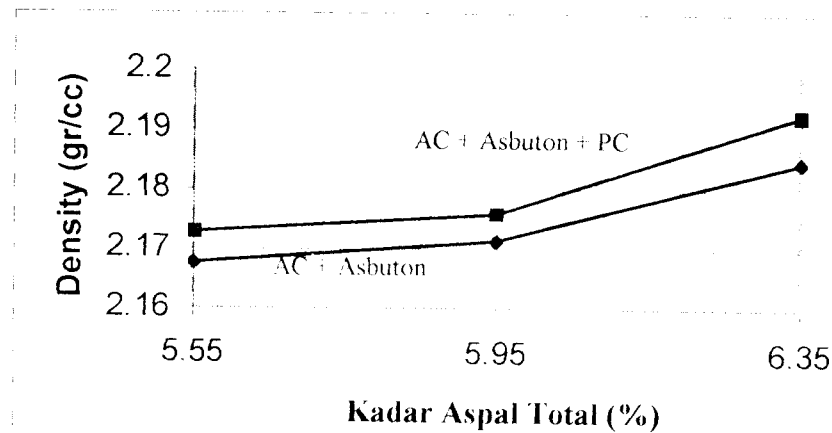
Pembahasan ini dilakukan setelah pembahasan antara campuran aspal beton bahan ikat AC 80/100 dengan campuran bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100, terhadap nilai-nilai karakteristik Marshall yang ditinjau. PC pada campuran aspal beton digunakan untuk memperbaiki filler campuran bahan ikat Asbuton dan peremaja AC 80/100, dengan memperhatikan karakteristik masing-masing filler yang digunakan (lihat tabel 6.4 dan 6.5). Agar tidak mempengaruhi karakteristik campuran aspal beton, maka dari hasil perhitungan terhadap berat campuran aspal beton ditetapkan kebutuhan Asbuton B-20 sebesar 0.97 % bitumen 3.5 % mineral, dan PC 1.33 %, dengan variasi AC 80/100 pada kadar aspal optimum 5.95 % (lihat tabel 5.11). Kemudian hasilnya digunakan untuk membandingkan terhadap campuran bahan ikat AC 80/100 (normal).

Untuk lebih memudahkan pembahasan, maka campuran aspal beton bahan ikat AC 80/100 (normal) dianggap *campuran pertama*, campuran Asbuton dan peremaja AC 80/100 adalah *campuran kedua*, kemudian campuran Asbuton dan peremaja AC 80/100 dengan penambahan PC merupakan *campuran ketiga*.

6.2.2.1 Evaluasi Nilai "Density"

"Density" adalah merupakan tingkat kerapatan dari campuran lapis aspal beton. Semakin rapat campuran, maka dapat menunjukkan bahwa campuran tersebut semakin padat, sehingga nilai density juga tinggi. Kerapatan campuran

dapat dipengaruhi oleh komposisi agregat yang digunakan, dalam hal ini pada penggunaan filler, dan hasil penelitian terlihat pada *gambar 6.9* sebagai berikut :



Gambar 6.9. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan “Density”

Dari *gambar 6.9* ditunjukkan bahwa pada kadar aspal optimum 5.95 % nilai Density campuran ketiga 2.175 gr/cc, adalah lebih tinggi dari campuran kedua yaitu 2.171 gr/cc. Hal ini disebabkan karena PC sebagai filler mempunyai berat jenis lebih besar, yaitu 3.12 gr/cc dengan 1.1252 gr/cc untuk mineral asbuton (lihat lampiran 19 dan 27). Kehalusan butiran yang dimiliki dari PC juga lebih seragam, karena merupakan mineral olahan dari pabrik. Dengan karakteristik tersebut, maka Filler dari PC mempunyai prosentase besar dalam mengisi ruangan antar agregat campuran aspal beton, sehingga kerapatan campuran ketiga menjadi lebih baik setelah campuran dipadatkan.

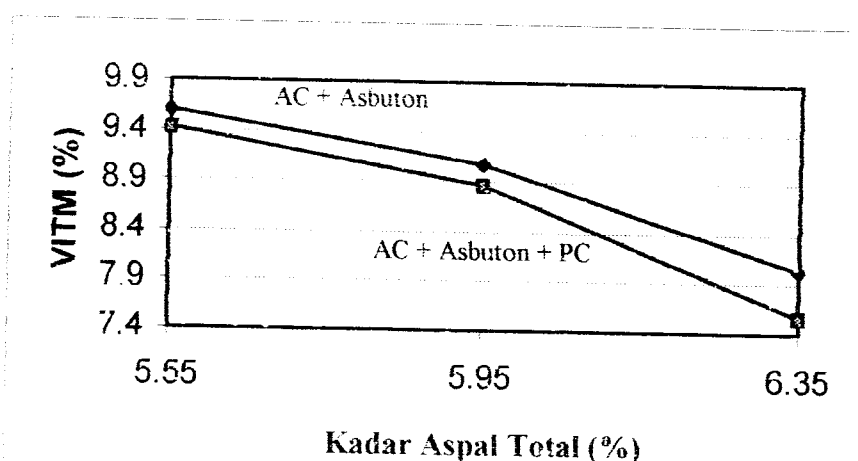
Prosentase PC yang dipakai adalah 1.33 % dari berat campuran aspal beton, dan ini berdasarkan hasil hitungan dari perbandingan berat jenis terhadap masing-masing filler yang tergantikan (lihat lampiran 12 – 14). Jumlah filler campuran ketiga tersebut yaitu 53.7 gr, sehingga lebih rendah dari jumlah filler campuran pertama (108 gr). Kondisi ini menyebabkan kerapatan campuran

berkurang, karena rendahnya filler yang mengisi ruang antar agregat, sehingga nilai density yang dihasilkan pada kondisi optimum (5.95 %) juga lebih rendah yaitu 2.175 gr/ cc dibanding nilai “Density” *campuran pertama* adalah 2.3 gr/cc (lihat gambar 6.2).

Nilai “Density” dari *campuran ketiga* meningkat seiring naiknya kadar aspal total campuran aspal beton, baik sebelum kadar aspal optimum 5.55 % maupun sesudah optimum (6.35 %), dan mengikuti nilai “Density” *campuran kedua*. Hal ini disebabkan PC terpakai mempunyai prosentase PC yang sama pada tiap kadar aspal, dan pengaruh PC terhadap karakteristik bitumen *campuran ketiga* tidak mempengaruhi “Density” campuran tersebut (lihat gambar 6.9).

6.2.2.2 Evaluasi Nilai VITM

“Void In The Mix” akan semakin rendah apabila rongga antar agregat dalam campuran aspal beton dapat terisi dengan baik (semakin kecil) atau campuran semakin rapat, dan hasil dari penelitian dapat dilihat pada *gambar 6.10* sebagai berikut :



Gambar 6.10. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VITM

Dari *gambar 6.10* ditunjukkan bahwa pada kadar aspal optimum 5.95 % nilai VITM *campuran ketiga* 8.864 %, adalah lebih rendah dari *campuran kedua* yaitu 9.076 %. Hal ini disebabkan karena PC sebagai filler mempunyai berat jenis lebih besar, yaitu 3.12 gr/cc dibandingkan dengan 1.1252 gr/cc untuk mineral Asbuton. Kehalusan butiran yang dimiliki dari PC juga lebih seragam, karena merupakan mineral olahan dari pabrik. Dengan karakteristik tersebut, maka Filler dari PC mempunyai prosentase besar dalam mengisi ruangan antar agregat campuran Aspal Beton, dan menyebabkan rongga antar agregat dalam *campuran ketiga* lebih kecil setelah dipadatkan.

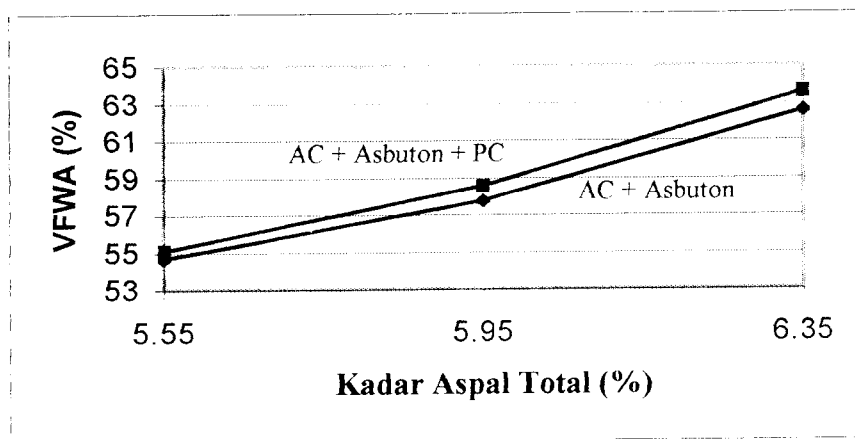
Jumlah PC yang digunakan adalah 11.7 gr, dan ini berdasarkan hasil hitungan dari perbandingan berat jenis terhadap masing-masing filler yang tergantikan, agar tidak merusak karakteristik campuran aspal beton (lihat lampiran 12 – 14). Jumlah filler *campuran ketiga* adalah 53.7 gr, sehingga lebih rendah dari jumlah filler *campuran pertama* yaitu 108 gr. Kondisi ini menyebabkan kerapatan campuran berkurang (rongga bertambah), karena rendahnya filler yang mengisi ruang antar agregat. Sehingga nilai VITM *campuran ketiga* yang dihasilkan, dan ditinjau pada kondisi optimum 5.95 % yaitu 8.864 %, juga lebih tinggi dibandingkan nilai VITM *campuran pertama* adalah 3.6301 % (lihat *gambar 6.2*).

Nilai VITM dari *campuran ketiga* menurun seiring naiknya kadar aspal campuran (total), baik sebelum kadar aspal optimum (5.55 %) maupun sesudah optimum (6.35 %), yang mengikuti nilai VITM *campuran kedua* dengan posisi lebih rendah (lihat *gambar 6.10*). Hal ini disebabkan karena PC terpakai mempunyai prosentase yang sama pada tiap kadar aspal campuran (total), dan

pengaruh PC terhadap karakteristik bitumen *campuran ketiga* tidak mempengaruhi nilai VITM campuran tersebut.

6.2.2.3 Evaluasi Nilai VFWA

“Void Filled With” Asphalt merupakan nilai yang menunjukkan prosentase aspal yang mengisi ruang antar agregat dalam campuran aspal beton, dan hasil penelitian dapat dilihat pada *gambar 6.11* sebagai berikut :



Gambar 6.11. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFWA

Gambar 6.11 menunjukkan pada kadar aspal optimum 5.95 % nilai VFWA *campuran ketiga* 58.508 %, yaitu lebih tinggi dari *campuran kedua* sebesar 57.753 %. Hal ini disebabkan karena PC sebagai filler mempunyai berat jenis lebih besar (3.12 gr/cc), dibanding dengan 1.1252 gr/cc untuk mineral asbuton (lihat lampiran 19 dan 27). Kehalusan butiran yang dimiliki dari PC juga lebih seragam, karena merupakan mineral olahan dari pabrik. Dengan karakteristik tersebut, maka Filler dari PC menyebabkan konsistensi aspal naik. Konsistensi aspal yang baik mengakibatkan aspal bereaksi maksimal terhadap campuran, sehingga mengurangi pengumpalan aspal pada tempat-tempat tertentu dalam

campuran aspal beton (tidak merata), dan menyebabkan ruangan yang belum terisi aspal lebih sedikit pada *campuran ketiga* aspal beton.

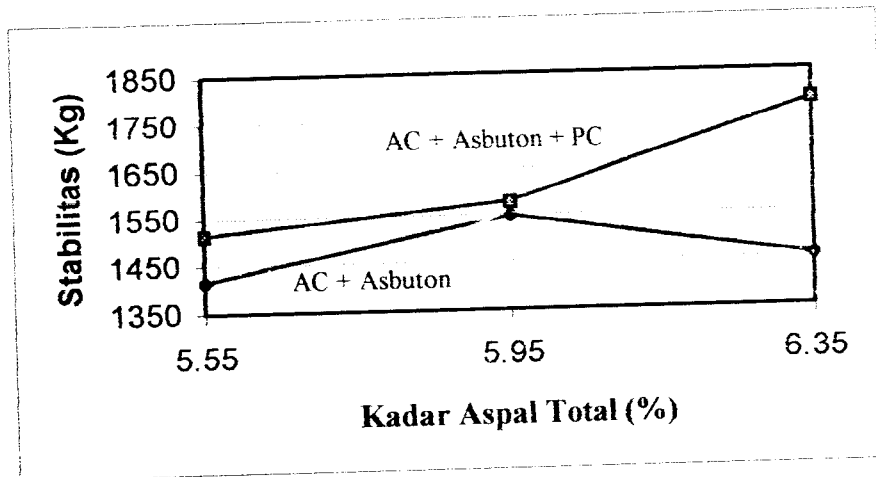
Seperti pada karakteristik sebelumnya bahwa *campuran ketiga* mempunyai kadar filler 53.7 gr, dan ini lebih besar dari filler *campuran kedua* yaitu 48 gr. Penambahan jumlah filler juga dapat menaikkan konsistensi aspal pada campuran. Dengan naiknya kerapatan campuran seiring naiknya kadar aspal, menunjukkan bahwa bitumen pada *campuran ketiga* mempunyai daya ikat yang baik terhadap filler pada campuran tersebut. Karena filler semakin banyak yang mengisi ruangan antar agregat, sehingga prosentase bitumen campuran juga bertambah, dan keadaan ini menunjukkan nilai VFWA juga naik.

Nilai VFWA *campuran ketiga* pada kondisi kadar aspal optimum 5.95 % masih lebih rendah dari *campuran pertama* yaitu (58.507 dibanding 78.39) %, karena jumlah filler terpakai juga masih lebih rendah dari campuran pertama (lihat lampiran 6-8 dan 12-14). Tapi nilai VFWA *campuran ketiga* naik seiring naiknya kadar aspal, baik sebelum kadar aspal optimum (5.55 %) maupun sesudah kadar aspal optimum (6.35 %), dan kenaikan VFWA juga seiring dengan *campuran kedua*. Hal ini disebabkan PC terpakai mempunyai prosentase PC yang sama pada tiap kadar aspal, sehingga pengaruh PC terhadap bitumen *campuran kedua* tidak menunjukkan kisaran yang lebar terhadap *campuran ketiga* (lihat gambar 6.2).

6.2.2.4. Evaluasi Nilai Stabilitas

Nilai Stabilitas dapat dipengaruhi oleh besar kecilnya bidang kontak antar agregat dalam campuran aspal beton. Semakin besar bidang kontak yang terjadi,

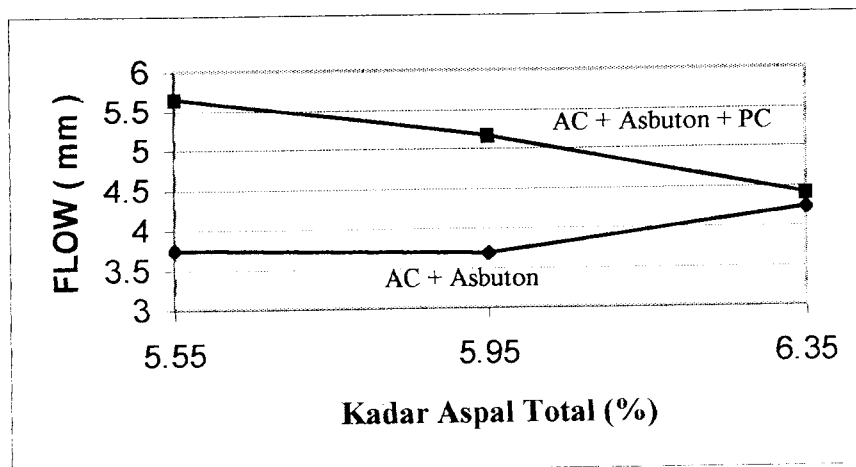
dan didukung dengan konsistensi aspal campuran yang baik, maka nilai Stabilitas juga semakin tinggi. Sedangkan hasil dari penelitian dapat dilihat pada gambar 6.12 sebagai berikut :



Gambar 6.12. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Dari gambar 6.12 tersebut nilai Stabilitas campuran ketiga naik seiring penambahan kadar aspal campuran, baik pada kondisi sebelum kadar aspal optimum (5.55 %), maupun setelah kadar aspal optimum (6.35 %). Nilai Stabilitas yang terjadi lebih tinggi dari Stabilitas campuran kedua, dan ditinjau pada kondisi aspal optimum 5.95 % sebesar 1578.9 Kg dibandingkan 1548.59 Kg untuk campuran kedua. Hal ini disebabkan PC sebagai filler mempunyai berat jenis lebih besar, yaitu 3.12 gr/cc dengan 1.1252 gr/cc untuk mineral Asbuton. Kehalusan butiran yang dimiliki dari PC juga lebih seragam, karena merupakan mineral olahan dari pabrik. Dengan karakteristik tersebut, "Filler" dari PC mempunyai prosentase besar mengisi ruangan antar agregat campuran ketiga Aspal Beton, sehingga membuat bidang kontak antar agregat semakin besar.

Kadar Filler dapat mempengaruhi Stabilitas campuran, karena apabila filler bercampur aspal dapat membentuk bahan yang berkonsentrasi tinggi, dan



Gambar 6.13. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan “Flow”

Seperti yang ditunjukkan gambar 6.13, nilai “Flow” *campuran ketiga* yaitu 5.165 mm, dan lebih tinggi dari nilai Flow *campuran kedua* sebesar 3.683 mm, yang ditinjau pada kadar aspal optimum 5.95 %. Keadaan ini karena PC sebagai filler mempunyai berat jenis lebih besar, yaitu 3.12 gr/cc dengan 1.1252 gr/cc untuk mineral asbuton (lihat lampiran 19 dan 27). Kehalusan butiran yang dimiliki dari PC juga lebih seragam, karena merupakan mineral olahan dari pabrik. Dengan karakteristik tersebut, maka Filler dari PC menyebabkan konsistensi aspal naik.

Konsistensi aspal yang baik mengakibatkan aspal dapat bereaksi maksimal terhadap campuran (daya ikat tinggi), sehingga akan mengurangi adanya pengumpalan aspal pada tempat-tempat tertentu dan menyebabkan ruangan yang belum terisi aspal lebih sedikit pada *campuran ketiga* aspal beton. Karena bitumen yang mengikat antar agregat dalam campuran adalah sebagian besar AC 80/100 (viskositas rendah) dibanding bitumen dari Asbuton (lihat lampiran 12 – 14), maka hal tersebut menyebabkan *campuran ketiga* mempunyai nilai kelelahan yang tinggi.

Seperti pada karakteristik Marshall sebelumnya, bahwa pemakaian filler *campuran ketiga* 5.37 gr, adalah lebih kecil dari *campuran pertama* yaitu 108 gr. Pemakaian filler lebih besar dengan karakteristik aspal sama (AC 80/100), maka akan menyebabkan naiknya konsistensi aspal pada *campuran pertama*. Hal ini karena filler dapat mengurangi penggumpalan aspal total terhadap agregat, sehingga bidang ikat aspal terhadap agregat bertambah dan daya ikat bitumen juga naik. Mineral PC pada *campuran ketiga* mempunyai daya serap lebih tinggi dibandingkan mineral abu batu maupun dari Asbuton, sehingga menyebabkan aspal total terutama bitumen AC yang mempunyai kandungan lebih besar tidak maksimal (konsistensi menurun) untuk mengikat butiran agregat dalam campuran Aspal Beton, yaitu karena terserap dulu oleh mineral PC sebelum bereaksi. Dengan demikian deformasi yang terjadi pada *campuran ketiga* lebih besar dari *campuran pertama* dan *campuran kedua* (lihat gambar 6.2).

Gambar 6.13 menunjukkan nilai Flow *campuran ketiga* turun seiring penambahan kadar aspal, baik pada kondisi sebelum kadar aspal optimum 5.55 %, maupun setelah kadar aspal optimum 6.35 %. Kondisi ini dipengaruhi oleh karakteristik dari PC. Filler dari PC apabila bercampur dengan aspal dapat membentuk bahan yang berkonsentrasi tinggi, dan juga menaikkan viscositas bitumen pada suhu tinggi (saat pencampuran). Karena kadar aspal terus bertambah, maka konsistensi PC terhadap bitumen juga naik yang menyebabkan "Viscositas" bitumen juga naik, dan naiknya "Viscositas" (menjadi tinggi) dalam campuran menunjukkan nilai Flow turun.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Untuk lebih memudahkan pembahasan dari hasil penelitian, ketiga tinjauan karakteristik Marshall maka pada campuran Beton Aspal Normal yaitu dengan bahan ikat AC 80/100 dianggap *campuran pertama*, campuran Aspal Beton bahan ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 dianggap *campuran kedua*, kemudian campuran Aspal Beton bahan ikat AC 80/100 dan Asbuton B-20 dengan PC sebagai bahan tambah filler dianggap *campuran ketiga*. Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari ketiga jenis campuran tersebut menunjukkan peningkatan nilai "Density" seiring dengan bertambahnya kadar AC 80/100 pada kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %. Kondisi tersebut terlihat bahwa nilai "Density" pada jenis *campuran pertama* yang paling tinggi dengan nilai Density optimalnya sebesar 2,301 gr/cc, kemudian jenis *campuran ketiga* dengan nilai "Density" optimalnya sebesar 2,1757 gr/cc, dan yang paling rendah adalah jenis *campuran kedua* dengan nilai "Density" optimalnya sebesar 2,171 gr/cc. Dengan meningkatnya nilai "Density" tersebut menunjukkan bahwa PC sebagai bahan tambah filler dapat memperbaiki kepadatan pada *campuran kedua*.
2. Peningkatan kadar AC 80/100 akan menurunkan nilai VITM dari ketiga jenis campuran tersebut seiring dengan bertambahnya kadar AC 80/100 pada kadar

aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %. Dengan hasil tersebut nampak nilai VITM jenis *campuran pertama* yang paling rendah yaitu dengan nilai VITM optimalnya sebesar 3,631 %, dan diikuti jenis *campuran ketiga* dengan nilai VITM optimalnya sebesar 8,8643 %, kemudian jenis *campuran kedua* dengan nilai VITM optimalnya sebesar 9,0759 %. Pada kondisi tersebut nilai dari VITM jenis *campuran ketiga* dibawah dari jenis *campuran kedua*, hal tersebut menunjukkan bahwa mineral PC dapat mengurangi prosentase rongga dalam *campuran ketiga* aspal beton.

Bina Marga memberikan batasan nilai VITM adalah 3 % - 5 %, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua* dan *campuran ketiga* tidak memenuhi syarat atau lebih tinggi dari standart Bina Marga..

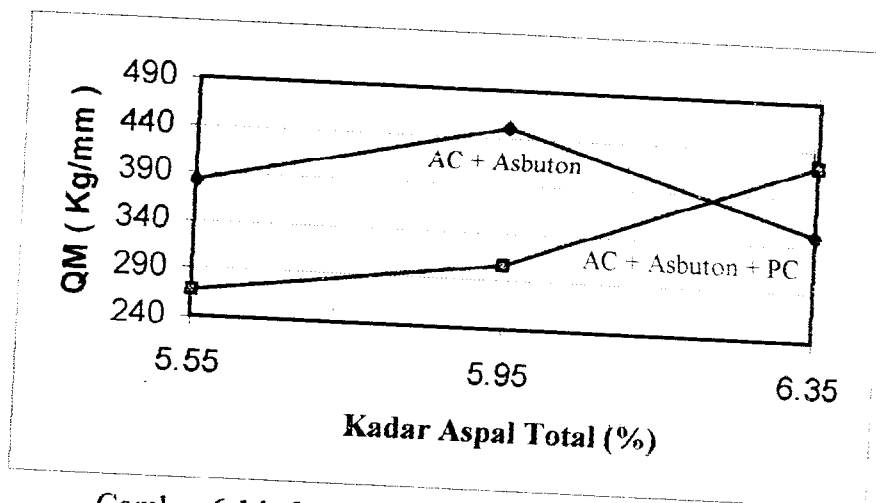
3. Dengan peningkatan kadar AC 80/100 ketiga jenis campuran tersebut menunjukkan kenaikan nilai VFWA pada kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %, hal tersebut berarti makin tingginya prosentase rongga yang dapat terisi aspal campuran (total). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai VFWA dari jenis *campuran pertama* paling tinggi, yaitu dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 78,3879 %, kemudian jenis *campuran ketiga* dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 58,5422 %, dan yang paling rendah adalah jenis *campuran kedua* yaitu dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 57,753 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya bahan tambah PC dapat menambah jumlah rongga campuran yang dapat terisi aspal, sehingga berarti aspal yang digunakan dapat menyebar dan mengisi kesetiap rongga

Seperti pada karakteristik Marshall sebelumnya, bahwa pemakaian filler *campuran ketiga* 5.37 gr, adalah lebih kecil dari *campuran pertama* yaitu 108 gr. Pemakaian filler lebih besar dengan karakteristik aspal sama (AC 80/100), maka akan menyebabkan naiknya konsistensi aspal pada *campuran pertama*. Hal ini karena filler dapat mengurangi penggumpalan aspal total terhadap agregat, sehingga bidang ikat aspal terhadap agregat bertambah. dan daya ikat bitumen juga naik. Mineral PC pada *campuran ketiga* mempunyai daya serap lebih tinggi dibandingkan mineral abu batu maupun dari Asbuton, sehingga menyebabkan aspal total terutama bitumen AC yang mempunyai kandungan lebih besar tidak maksimal (konsistensi menurun) untuk mengikat butiran agregat dalam campuran Aspal Beton, yaitu karena terserap dulu oleh mineral PC sebelum bereaksi. Dengan demikian deformasi yang terjadi pada *campuran ketiga* lebih besar dari *campuran pertama* dan *campuran kedua* (lihat gambar 6.2).

Gambar 6.13 menunjukkan nilai Flow *campuran ketiga* turun seiring penambahan kadar aspal, baik pada kondisi sebelum kadar aspal optimum 5.55 %, maupun setelah kadar aspal optimum 6.35 %. Kondisi ini dipengaruhi oleh karakteristik dari PC. Filler dari PC apabila bercampur dengan aspal dapat membentuk bahan yang berkonsentrasi tinggi, dan juga menaikkan viscositas bitumen pada suhu tinggi (saat pencampuran). Karena kadar aspal terus bertambah, maka konsistensi PC terhadap bitumen juga naik yang menyebabkan “Viscositas” bitumen juga naik, dan naiknya “Viscositas” (menjadi tinggi) dalam campuran menunjukkan nilai Flow turun.

6.2.2.6 Evaluasi Nilai QM

“Marshall Quotient” menunjukkan tingkat kekakuan campuran lapis aspal beton, yang merupakan perbandingan nilai Stabilitas dengan nilai Flow pada karakteristik Marshall. Nilai QM semakin tinggi apabila nilai Stabilitas tinggi dan nilai “Flow” campuran rendah. Sedangkan apabila nilai Stabilitas rendah dan nilai “Flow” tinggi, maka nilai “Marshall Quotient” yang dihasilkan adalah rendah. Hasil penelitian hubungan kadar aspal total (bitumen AC 80/100 dan Asbuton B-20) ditunjukkan pada gambar 6.14 sebagai berikut :



Gambar 6.14. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan QM

Dari gambar 6.14 diketahui bahwa nilai QM campuran ketiga lebih rendah dari campuran kedua, yaitu 306.536 gr/mm untuk nilai QM campuran ketiga dan 450.532 gr/mm QM campuran kedua, yang ditinjau pada kadar aspal optimum (5.95 %). Hal ini karena perbandingan nilai Stabilitas dan “Flow” pada campuran ketiga lebih kecil, yaitu antara 1560.85 Kg dan 5.165 mm dengan 1548.59 Kg dan 3.683 mm untuk campuran kedua.

Nilai QM campuran ketiga adalah lebih rendah dari campuran pertama, dan juga terhadap nilai campuran kedua. Seperti pembahasan diatas, karena

perbandingan nilai Stabilitas dan “Flow” dari *campuran ketiga* dan *campuran kedua* mempunyai nilai lebih kecil terhadap *campuran pertama*, yaitu pada nilai 2165.13 Kg dan 3.1115 mm. Sedangkan nilai QM *campuran ketiga* setelah kadar aspal optimum 6.35 % adalah naik, dan campuran sebelumnya justru turun. Hal ini karena *campuran ketiga* nilai Stabilitas naik dan “Flow” turun yang ditunjukkan dengan nilai (1560.85 - 1787.45) Kg dan (5.16 - 4.49) mm. Sedangkan untuk *campuran pertama* dan *campuran kedua* adalah sebaliknya, sehingga nilai QM dari *campuran ketiga* dapat terus meningkat seiring meningkatnya perbandingan antara nilai Stabilitas dengan “Flow” (lihat gambar 6.2).

aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %. Dengan hasil tersebut nampak nilai VITM jenis *campuran pertama* yang paling rendah yaitu dengan nilai VITM optimalnya sebesar 3,631 %, dan diikuti jenis *campuran ketiga* dengan nilai VITM optimalnya sebesar 8,8643 %, kemudian jenis *campuran kedua* dengan nilai VITM optimalnya sebesar 9,0759 %. Pada kondisi tersebut nilai dari VITM jenis *campuran ketiga* dibawah dari jenis *campuran kedua*, hal tersebut menunjukkan bahwa mineral PC dapat mengurangi prosentase rongga dalam *campuran ketiga* aspal beton.

Bina Marga memberikan batasan nilai VITM adalah 3 % - 5 %, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua* dan *campuran ketiga* tidak memenuhi syarat atau lebih tinggi dari standart Bina Marga..

3. Dengan peningkatan kadar AC 80/100 ketiga jenis campuran tersebut menunjukkan kenaikan nilai VFWA pada kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %, hal tersebut berarti makin tingginya prosentase rongga yang dapat terisi aspal campuran (total). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai VFWA dari jenis *campuran pertama* paling tinggi, yaitu dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 78,3879 %, kemudian jenis *campuran ketiga* dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 58,5422 %, dan yang paling rendah adalah jenis *campuran kedua* yaitu dengan nilai VFWA optimalnya sebesar 57,753 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya bahan tambah PC dapat menambah jumlah rongga campuran yang dapat terisi aspal, sehingga berarti aspal yang digunakan dapat menyebar dan mengisi kesetiap rongga

campuran aspal beton bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100 dengan penambahan PC pada filler (campuran ketiga) adalah lebih baik dibanding *campuran kedua* (tanpa PC).

Bina Marga memberikan batasan nilai VFWA adalah 75 % - 82 %, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua* dan *campuran ketiga* adalah memenuhi persyaratan.

4. Pada jenis *campuran pertama*, dengan penambahan kadar AC 80/100 pada kadar aspal campuran (total) dari 5,55 % sampai 5,95 % masih menunjukkan kenaikan stabilitasnya, sedangkan pada kadar AC 80/100 terhadap kadar aspal campuran (total) antara 5,95 % sampai 6,35 % stabilitasnya mulai menurun, dengan nilai stabilitas optimalnya yang dicapai adalah 2165,132 kg. Pada jenis *campuran kedua* menunjukkan pada peningkatan kadar AC 80/100 terhadap kadar aspal total dari 5,55 % sampai 5,95 % masih dapat meningkatkan stabilitasnya, dan pada kadar aspal total antara 5,95 % sampai 6,35 % stabilitasnya sudah menurun, nilai stabilitas optimal yang dicapai sebesar 1548,59 kg. Dan pada jenis *campuran ketiga*, menunjukkan bahwa stabilitasnya masih meningkat dengan kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 %, nilai stabilitas optimalnya dicapai sebesar 1578,9 Kg. Dari kondisi tersebut menunjukkan bahwa PC yang berfungsi sebagai perbaikan pada filler *campuran kedua* dapat menaikkan stabilitas *campuran ketiga* walaupun relatif tidak terlalu besar pada kondisi optimum (5,95 %). Tetapi untuk penambahan kadar AC 80/100 pada kadar aspal total lebih dari 5,95 % menunjukkan bahwa PC sebagai bahan tambah dapat terus menaikkan

stabilitasnya (karena belum maksimal), sedangkan *campuran kedua* dan *campuran pertama* malah menurun (karena sudah maksimal pada saat kadar aspal optimum).

Bina Marga memberikan batasan nilai Stabilitas adalah diatas 750 Kg, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua* dan *campuran ketiga* masih memenuhi syarat.

5. Untuk jenis *campuran pertama* dengan penambahan kadar AC 80/100 pada kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 5,95% menunjukkan penurunan nilai flownya, dan untuk kadar aspal total antara 5,95 % sampai 5,95 % nilai flownya menunjukkan kenaikan seiring bertambahnya kadar AC 80/100, dengan nilai flow optimalnya sebesar 3,1115 mm. Pada jenis *campuran kedua* menunjukkan penurunan nilai flownya pada kadar campuran (total) mulai 5,95 % sampai 6,35 %, sedangkan penambahan kadar AC 80/100 terhadap kadar aspal total mulai 5,95 % sampai 6,35 % nilai flownya menunjukkan kenaikan, dengan nilai flow kondisi optimalnya sebesar 3,683 mm. Pada *campuran ketiga* menunjukkan penurunan nilai flownya pada kadar aspal campuran (total) mulai 5,55 % sampai 6,35 % dengan nilai flow pada kondisi optimal sebesar 5,16467 mm. Sehingga dengan perbaikan PC pada filler *campuran ketiga*, justru meningkatkan nilai "Flow" campuran aspal beton untuk kondisi optimum, tetapi akan turun seiring penambahan kadar aspal campuran (total) pada *campuran ketiga*.

Bina Marga memberikan batasan nilai "Flow" adalah 2 mm – 4 mm, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua*

masih memenuhi persyaratan, sedangkan *campuran ketiga* tidak memenuhi persyaratan yaitu diatas standart Bina Marga, meskipun akan dapat diperbaiki setelah kadar aspal optimum (6.35 %) sebesar 4.402 mm dan sebaliknya untuk *campuran kedua* yaitu 4.233 mm.

6. Hasil penelitian pada jenis *campuran pertama* menunjukkan penurunan nilai QM dengan penambahan kadar AC 80/100 pada kadar aspal total mulai 5,55 % sampai 6,35 %, untuk nilai QM optimalnya adalah 702,081 kg/mm. Kemudian nilai QM jenis *campuran kedua* pada kadar aspal total mulai 5,55 % sampai 5,95 % menunjukkan kenaikan, sedangkan untuk kadar aspal total mulai 5.95 % sampai 6,35 % menunjukkan penurunan, dengan nilai QM optimalnya sebesar 450,532 kg/mm. Untuk jenis *campuran ketiga* nilai QM menunjukkan kenaikan pada penambahan kadar AC 80/100 terhadap kadar aspal total mulai 5,55 % sampai 6,35 %, dengan nilai QM optimalnya sebesar 306,536 kg/mm. Sehingga dari hasil diatas menunjukkan bahwa jenis *campuran pertama* bersifat lebih kaku dibanding jenis *campuran kedua* maupun *campuran ketiga*. Dengan demikian penambahan PC pada *campuran ketiga* justru mengakibatkan tingkat kekakuan *campuran kedua* menurun, meskipun akan lebih tinggi nilainya pada kadar aspal 6.35 % yaitu 422.7309 Kg/mm untuk *campuran ketiga* dan 349.3306 untuk *campuran kedua*.

Bina Marga memberikan batasan nilai QM adalah (350 – 750) Kg/mm, sehingga ditinjau pada kadar aspal optimum dengan nilai optimal *campuran kedua* memenuhi persyaratan, dan *campuran ketiga* tidak memenuhi

persyaratan yaitu lebih rendah dari standart Bina Marga, tetapi masih dapat diperbaiki setelah kadar aspal optimum.

7. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa PC yang berfungsi sebagai bahan tambah filler yang ditinjau pada kondisi optimum, yaitu untuk campuran bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100 dapat meningkatkan karakteristik aspal beton, terutama pada nilai "Density", Stabilitas dan VFWA. Tetapi terhadap nilai karakteristik Marshall lainnya yang ditinjau, seperti VITM, Flow dan QM, menunjukkan nilai yang tidak jauh dari batas nilai Bina Marga. Sehingga secara keseluruhan mineral PC masih dapat memperbaiki karakteristik dalam campuran aspal beton bahan ikat Asbuton B-20 dan peremaja AC 80/100 yang telah direncanakan. Hasil ini akan lebih baik apabila adanya perbaikan pada penggunaan kadar dari bahan susun campuran aspal beton tersebut, terutama terhadap filler yang dipakai.
8. Kadar AC 80/100 pada jenis *campuran pertama* mempunyai kondisi optimum sebesar 5,95 %, untuk jenis *campuran kedua* kadar AC 80/100 pada kondisi optimumnya sebesar 4,85 % dengan kadar Asbuton sebesar 5,1 %, dan jenis *campuran ketiga* kadar AC 80/100 pada kondisi optimumnya sebesar 4,98 %, kadar Asbuton sebesar 4,47 %, dan kadar PC sebesar 1,31 %. Sehingga kadar secara keseluruhan bitumen AC 80/100 yang digunakan dalam campuran aspal beton dapat dikurangi dengan bitumen yang berada di Asbuton B-20.

Dengan hasil penelitian tersebut diatas, diketahui bahwa AC 80/100 sudah dapat meremajakan secara keseluruhan butiran Asbuton B-20 pada kondisi aspal optimum, dan Asbuton B-20 dapat mengurangi penggunaan aspal total dari

campuran Aspal Beton. Sedangkan PC yang digunakan sebagai bahan tambah filler dapat memperbaiki perilaku dari filler Asbuton B-20 (yang menggantikan filler asli), sehingga secara keseluruhan karakteristik dari campuran Aspal Beton tersebut meningkat.

Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa untuk mendapatkan campuran yang dapat memenuhi persyaratan dengan menggunakan bahan-bahan yang berbeda dari bahan standart, maka harus diperhitungkan mengenai karakteristik dari masing-masing bahan susun aspal beton tersebut terutama pada mineral filler yang digunakan.

7.2 Saran Saran

Dengan pembahasan dan kesimpulan dari penelitian yang telah kami kerjakan, maka dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu adanya variasi prosentase Asbuton B-20 dan PC yang digunakan sebagai alternatif campuran AC 80/100, untuk mengetahui pengaruh maksimal terhadap karakteristik Aspal Beton.
2. Pada pemanfaatan Asbuton perlu dicari metode pencampuran lain, untuk mendapatkan suatu campuran Beton Aspal yang lebih baik dalam tingkat kemudahan pengerjaan maupun dari karakteristik campuran itu sendiri, dengan alternatif bahan campuran (bahan tambah) yang berbeda.
3. Penelitian sebaiknya tidak hanya sebatas kadar aspal optimal, tetapi dilanjutkan sampai pada kadar aspal maksimal dari campuran. Hal tersebut untuk mengetahui sejauh mana hasil maksimal yang dapat diperoleh, sehingga

dapat diketahui lebih lengkap mengenai karakteristik campuran, dan dapat untuk mengetahui akan keuntungan ataupun kerugian dari penggunaan Asbuton B-20 maupun PC sebagai bahan tambah filler pada campuran Beton Aspal.

4. Perlunya penelitian pada kadar bitumen Asbuton dengan kandungan bitumen yang berbeda untuk mengetahui perbandingan dari hasil penelitian tersebut, sehingga dapat diketahui hasil yang optimal pada pemanfaatan Asbuton tersebut.
5. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai sejauh mana keuntungan atau kerugian secara ekonomis penggunaan Asbuton B-20 dan juga PC sebagai bahan tambah filler. Maka dari itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut, karena hal ini juga akan dipengaruhi oleh jauh dekatnya lokasi tempat pelaksanaan pekerjaan Aspal Beton dengan tempat untuk mendapatkan bahan-bahan ikat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Asbuton Agregat (LASTON), No. 09/PT/B/1983, Dept. Pekerjaan Umum, Ditjen Bina Marga
2. Anonim, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON), No. 13/PT/B/1983, Dept. Pekerjaan Umum, Ditjen Bina Marga
3. Anonim, 1987, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, Dept. Pekerjaan Umum, Ditjen Bina Marga
4. Dalimin. BRE, 1980, Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Kontruksi Asbuton, Lestari, Jakarta
5. Dairi, Gompul, BRE, MSc, 1991, Penelitian Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Asbuton Sebagai Perkerasan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan Dept. PU
6. Krebs, R.D. Walker, R.D, 1971, *Highway Material*, McGraw-Hill Book Company, USA
7. Sukirman, Silvia, 1995, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung
8. Suprpto. TM, MSc. Ir, 1995, Bahan Struktur Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
9. Tjokrodimuljo, Kardiyono. ME, Ir, 1992, Buku Ajar Teknologi Beton, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
10. Yoder, YD. Witczak, MW. 1975, *Principles Of Pavement Design 2nd Edition*, John Wiley & Sons, Inc, USA

BAB VIII

PENUTUP

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas Akhir ini, penyusun berusaha menyajikan teori beserta data hasil penelitian dan analisa sebaik mungkin. Untuk selanjutnya diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, sehingga dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dapat lebih baik.

Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dan mendukung terselesainya Tugas Akhir ini. Semoga mendapatkan pahala yang sesuai, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

LAMPIRAN



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

Yogyakarta
 TA 2012
 [Signature]

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	MURDAGAMA	98 810 146		TRANSPORTASI
2.	PRAYOGA AGUNG HUSEJHO	98 810 144		TRANSPORTASI

UDUL TUGAS AKHIR : PENELITIAN PENGUNCIAN SEBENTU BACA DAN AC. SD.
 DENGAN BAHAN TAMBAH PC SBS FILLER MENGGUNAKAN UJI MARSHALL

Dosen Pembimbing I : IR. SUKARNOM SU
 Dosen Pembimbing II : IR. H. BACHNAS. MS

1



Yogyakarta, 18 FEB. 1999
 An. Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

[Signature]

IR. H. TAJUDDIN RM APIS. MS

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL
(Mencari Kadar Aspal Optimum)

Kadar Aspal : 5 % x 1200 gram = 60 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Mean	Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi (%)		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (gr)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)
		(#)	Range			(%)	(gr)				
Agregat 1200 (gr) = 100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	0				
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	10	120				
	9.52	3/8	-	-	-	-	-	600	47.62	2.51	F1 = 600
	4.76	4	54 - 72	63	37	27	324				
	2.38	8	42 - 58	50	50	13	156				
	0.59	30	26 - 38	32	68	18	216				
	0.279	50	18 - 28	23	77	9	108				
	0.149	100	10 - 20	16	84	7	84	492	39.05	2.733	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	9	91	7	84				
	Bahan ikat AC 80/100	Filler Bitumen					9	108	108	8.57	2.5308
						100	1200	60	4.76	1.041	AC 80/100 = 60
						100	1260	1260	100		

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 2

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL (Mencari Kadar Aspal Optimum)

Kadar Aspal : 5,5 % x 1200 gram = 66 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Mean	Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi (%)		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (gr)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)
		(#)	Range			(%)	(gr)				
Agregat 1200 (gr) =100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	0				
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	10	120				
	9.52	3/8	-	-	-	-	-				
	4.76	4	54 - 72	63	37	27	324	600	47.39	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	50	13	156				
	0.59	30	26 - 38	32	68	18	216				
	0.279	50	18 - 28	23	77	9	108				
Bahan ikat AC 80/100	0.149	100	10 - 20	16	84	7	84	492	38.86	2.733	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	9	91	7	84				
	Filler					9	108	108	8.54	2.5308	F3 = 108
	Bitumen							66	5.21	1.041	AC 80/100 = 66
					100		1200	1266	100		

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITIM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (Jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL
(Mencari Kadar Aspal Optimum)

Kadar Aspal : 6 % x 1200 gram = 72 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)			Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat		Jumlah Bahan Terhadap Campuran		Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi
		(#)	Range	Mean		(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)		
Agregat 1200 (gr) = 100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	10	120	-	-	-	-	-	-
	9.52	3/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.76	4	54 - 72	63	37	27	324	50	600	47.17	600	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	50	13	156	-	-	-	-	-	-
	0.59	30	26 - 38	32	68	18	216	-	-	-	-	-	-
	0.279	50	18 - 28	23	77	9	108	-	-	-	-	-	-
0.149	100	10 - 20	16	84	7	84	41	492	38.68	492	2.733	F2 = 492	
0.074	200	6 - 12	9	91	7	84	-	-	-	-	-	-	
Bahan ikat AC 80/100	Filler Bitumen				9	108	9	108	8.49	108	2.5308	F3 = 108	
					100	1200	100	1200	5.66	72	1.041	AC 80/100 = 72	

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 4

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL
(Mencari Kadar Aspal Optimum)

Kadar Aspal : 6.5 % x 1200 gram = 78 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Jalos (%)		Jumlah Pinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat		Jumlah Bahan Terhadap Campuran		Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi
		(#)	Range		Mean	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)		
Agregat 1200 (gr) =100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	-	-	-	-	-	-
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120	-	-	-	-	-	-
	9.52	3/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.76	4	54 - 72	63	37	324	50	600	46.95	600	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	50	156	-	-	-	-	-	-
	0.59	30	26 - 38	32	68	216	-	-	-	-	-	-
	0.279	50	18 - 28	23	77	108	-	-	-	-	-	-
Bahan Ikat AC 80/100	0.149	100	10 - 20	16	84	84	41	492	38.49	492	2.733	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	9	91	84	-	-	-	-	-	-
	Filler						9	108	8.45	108	2.5308	F3 = 108
	Bitumen						100	1200	6.11	78	1.041	AC 80/100 = 78
							100	1278	100	1278		

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL
(Mencari Kadar Aspal Optimum)

Kadar Aspal : 7 % x 1200 gram = 84 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Mean	Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (%)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)	
		(#)	Range			(%)	(gr)					(%)
Agregat 1200 (gr) = 100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	0					
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	10	120					
	9.52	3/8	-	-	-	-	-	50	46.73	2.51	F1 = 600	
	4.76	4	54 - 72	63	37	27	324					
	2.38	8	42 - 58	50	50	13	156					
	0.59	30	26 - 38	32	68	18	216					
Bahan ikat AC 80/100	0.279	50	18 - 28	23	77	9	108	41	38.32	2.733	F2 = 492	
	0.149	100	10 - 20	16	84	7	84					
	0.074	200	6 - 12	9	91	7	84					
	Filler					9	108	9	8.41	2.5308	F3 = 108	
Bitumen											AC 80/100 = 84	
					100		1200	100	1284			100

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VTM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Lampiran 6

Kadar Aspal : $5.55\% \times 1200 \text{ gram} = 66.6 \text{ gram}$

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat		Jumlah Bahan Terhadap Campuran		Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)
		(#)	Range		Mean	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)		
Agregat 1200 (gr) =100 %	19.1	3/4	100	0	0	0						
	12.7	1/2	80 - 100	10	10	120						
	9.52	3/8	-	-	-	-						
	4.76	4	54 - 72	37	27	324	50	600	600	47.37	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	13	156						
	0.59	30	26 - 38	32	18	216						
Bahan ikat AC 80/100	0.279	50	18 - 28	77	9	108						
	0.149	100	10 - 20	84	7	84	41	492	492	38.84	2.733	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	91	7	84						
	Filler				9	108	9	108	108	8.53	2.5308	F3 = 108
Bitumen												
					100	1200	100	1200	1266.6	100		66.6

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Kadar Aspal (optimum) : 5.95 % x 1200 gram = 71.4 gram

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)			Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat		Jumlah Bahan Terhadap Campuran		Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)
		(#)	Range	Mean		(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)			
Agregat 1200 (gr) =100 %	19.1	3/4	100	100	0	0	0						
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	10	120						
	9.52	3/8	-	-	-	-	-						
	4.76	4	54 - 72	63	37	27	324	50	600	47.19	600	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	50	13	156						
	0.59	30	26 - 38	32	68	18	216						
	0.279	50	18 - 28	23	77	9	108						
0.149	100	10 - 20	16	84	7	84	41	492	38.69	492	2.733	F2 = 492	
0.074	200	6 - 12	9	91	7	84							
Bahan Ikat AC 80/100	Filler Bitumen				9	108	9	108	8.5	108	2.5308	F3 = 108	
					100	1200	100	1200	5.62	71.4	1.041	AC 80/100 = 71.4	

Spesifikasi Dina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Flow = Syarat 2 - 4 min
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 9

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Kadar Aspal : $5.55\% \times 1200 \text{ gram} = 66.6 \text{ gram}$

Bahan ikat : - AC 80/100
- Asbuton B-20

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lotos (%)		Jumlah Tinggi Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi (%)		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (%)		Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)
		(#)	Range		Mean	(gr)	(%)	(gr)				
Agregat 1200 (gr) =100 %	19.1	3/4	100	100	0	0						
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120						
	9.52	3/8	-	-	-	-	50	600	2.51	600	48.73	F1 = 600
	4.76	4	54 - 72	63	37	324						
	2.38	8	42 - 58	50	50	156						
	0.59	30	26 - 38	32	68	216						
Bahan Ikat Asbuton B-20	0.279	50	18 - 28	23	77	108						
	0.149	100	10 - 20	16	84	84	41	492	2.733	492	40.77	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	9	91	84						
	Filler				9	108	9	108	2.5308	48	3.98	Asbuton B-20 = 61.195
AC 80/100	Filler		78.31 % x 61.295 = 48 gr									
	Bitumen		21.69 % x 61.295 = 13.295 gr						1.024	13.295	1.102	
	Bitumen		66.6 gr - 13.295 gr = 53.305 gr						1.041	53.305	4.42	AC 80/100 = 53.305
					100	1200	100	1200		1206.2	100	

Spesifikasi Rina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 11

BAHAN BAHAN

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Bahan ikat : - AC 80/100
 - Asbuton B-20

Kadar Aspal : $6.35\% \times 1200 \text{ gram} = 76.2 \text{ gram}$

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tertinggal Spesifikasi (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi (gr)	Jumlah Bahan Agregat (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)		
		(#)	Range								Mean	
Agregat 1200 (gr) = 100%	19.1	3/4	100	100	0				Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan) $(1.1252 / 2.5308) \times 9\% = 4\%$ $4\% \times 1200 \text{ gr} = 48 \text{ gr}$	F1 = 600		
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	50	2.51	600			49.34	
	9.52	3/8	-	-	37	324						
	4.76	4	54 - 72	63	50	156						
	2.38	8	42 - 58	50	68	216						
	0.59	30	26 - 38	32	77	108	41	2.733			492	40.45
	0.279	50	18 - 28	23	84	84						
Bahan Ikat Asbuton B-20	0.149	100	10 - 20	16	84					Asbuton B-20 = 61.195		
	0.074	200	6 - 12	9	108	9	2.5308	48	3.95			
	Filler											
AC 80/100	Filler						1.024	13.295	1.093	AC 80/100 = 62.905		
	Bitumen											
	Bitumen				100	100		62.905	5.17			
								1216.2	100			

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITIM = Syarat 3 - 5 %
4. VFW/A = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 10

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Bahan ikat : - AC 80/100
 - Asbuton B-20

Kadar Aspal (optimum) : 5,95 % x 1200 gram = 71,4 gram

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tenggat Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (gr)	Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)
		(#)	Range		Mean	(%)					
Agregat 1200 (gr) = 100 %	19,1	3/4	100	100	0	0					
	12,7	1/2	80 - 100	90	10	120	600	2,51	49,54	Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan)	F1 = 600
	9,52	3/8	-	-	-	-				(1.1252 / 2.5308) x 9 % = 4 %	
	4,76	4	54 - 72	63	37	324				4 % x 1200 gr = 48 gr	
	2,38	8	42 - 58	50	50	156					
	0,59	30	26 - 38	32	68	216					
Bahan Ikat Asbuton B-20	0,279	50	18 - 28	23	9	108	492	2,733	40,62		F2 = 492
	0,149	100	10 - 20	16	7	84					
Asbuton B-20	0,074	200	6 - 12	9	7	84	108	2,5308			
	Filler				9	108		1,1252	3,96	Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan)	Asbuton B-20 = 61.195
AC 80/100	Filler							1,024	1,097		
	Bitumen							1,041	4,79		AC 80/100 = 58.105
	Bitumen				100	1200	1200		1211,4		

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

Lampiran 11

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Kadar Aspal : 6,35 % x 1200 gram = 76,2 gram

Bahan ikat : - AC 80/100
- Asbuton B-20

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tinggi Diatas (%)	Jumlah Tertinggal Spesifikasi (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Agregat (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)
		(#)	Range							
Agregat 1200 (gr) = 100 %	19.1	3/4	100	100	0	0				
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120				
	9.52	3/8	-	-	-	-				
	4.76	4	54 - 72	63	37	324				
	2.38	8	42 - 58	50	50	156				
	0.59	30	26 - 38	32	68	216				
	0.279	50	18 - 28	23	77	108				
	0.149	100	10 - 20	16	84	84				
0.074	200	6 - 12	9	91	84					
Bahan Ikat	Filler				9	108	2.5308			
Asbuton B-20	Filler						1.1252	48		
	Bitumen						1.024	13.295		
AC 80/100	Bitumen						1.041	62.905		
					100	1200		1216.2		
									Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan) (1.1252 / 2.5308) x 9 % = 4 % 4 % x 1200 gr = 48 gr	F1 = 600
										F2 = 492
										Asbuton B-20 = 61.195
										AC 80/100 = 62.905

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Lampiran 12

Kadar Aspal : $5.55\% \times 1200 \text{ gram} = 66.6 \text{ gram}$

Bahan ikat : - AC 80/100
 - Asbuton B-20
 - PC (Gresik)

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)			Jumlah Unggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)
		(#)	Range	Mean		(%)	(gr)					
Agregat 1200 (gr) = 100%	19.1	3/4	100	100	0	0	0					
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120						
	9.52	3/8	-	-	-	-						
	4.76	4	54 - 72	63	37	324						
	2.38	8	42 - 58	50	50	156						
	0.59	30	26 - 38	32	68	216						
	0.279	50	18 - 28	23	77	108						
	0.149	100	10 - 20	16	84	84						
	0.074	200	6 - 12	9	91	84						
						9	108					
Bahan Ikat Asbuton B-20	Filler							108	2.5308			
	Filler							9	1.1252	42	3.45	
PC AC 80/100	Bitumen											
	Filler									11.705	0.96	
	Bitumen									16	1.32	
										54.895	4.51	
										1216.6	100	

Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan)
 $(1.1252 / 2.5308) \times 7.92\% = 3.5\%$
 $3.5\% \times 1200 \text{ gr} = 42 \text{ gr}$

Koreksi mineral PC terhadap mineral asbuton B-20 (sebagai filler)
 $(3.12 / 2.5308) \times 1.08\% = 1.34\%$
 $1.34\% \times 1200 = 16 \text{ gr}$

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VTM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbakan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Lampiran 14

Kadar Aspal : $6,35\% \times 1200 \text{ gram} = 76,2 \text{ gram}$

Bahan ikat : - AC 80/100
 - Asbuton B-20
 - PC (Gresik)

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat (%)	Berat Jenis (gr/cc)	Jumlah Bahan Terhadap Campuran (%)	Koreksi	Realisasi (gr)
		(#)	Range		Mean	(gr)					
Agregat 1200 (gr) =100%	19.1	3/4	100	100	0	0					
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120					
	9.52	3/8	-	-	-	-					
	4.76	4	54 - 72	63	27	324	50	600	600	48.94	
	2.38	8	42 - 58	50	13	156					
	0.59	30	26 - 38	32	18	216					
	0.279	50	18 - 28	23	9	108					
	0.149	100	10 - 20	16	7	84	41	492	492	40.13	
0.074	200	6 - 12	9	7	84						
Bahan Ikat Asbuton B-20	Filler				9	108	9	108			
	Filler							2.5308			
								1.1252	42	3.42	
	Bitumen Filler							1.024	11.705	0.94	
	Bitumen							3.12	16	1.3	
AC 80/100								1.041	64.495	5.27	
					100	1200	100		1226.2	100	

$78,31\% \times 53,963 = 42 \text{ gr}$
 $21,69\% \times 53,963 = 11,705 \text{ gr}$
 $76,2 \text{ gr} - 11,705 \text{ gr} = 64,495 \text{ gr}$

Koreksi mineral asbuton B-20 terhadap filler asli (yang digantikan)
 $(1.1252 / 2.5308) \times 7.92\% = 3.5\%$
 $3.5\% \times 1200 \text{ gr} = 42 \text{ gr}$

Koreksi mineral PC terhadap mineral asbuton B-20 (sebagai filler)
 $(3.12 / 2.5308) \times 1.08\% = 1.34\%$
 $1.34\% \times 1200 = 16 \text{ gr}$

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas = Syarat > 750 Kg
2. Fow = Syarat 2 - 4 mm
3. VITM = Syarat 3 - 5 %
4. VFWA = Syarat 75 - 82 %
5. Jumlah Tumbukan = Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

Lampiran 15

Asal material : PB Sutardi dan PT. Perwita Karya Yogyakarta
 Jenis Campuran : Beton Aspal AC 80/100 (Untuk Aspal Optimum)
 Di kerjakan Oleh : I. Murdagama 2. Paryoko Agung N

Tanggal : 2 Desember 1999
 Dosen Pembimbing : I. Ir. Sukarno SU
 II. Ir. Bachmas MSc

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t (mm)	d	h (%)	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	68.36	4.7619	5	1235	1245	704	541	2.2828	2.4189	10.9645	83.4104	5.6251	16.5896	66.0924	5.6251	870	2981.49	2561.0999	2.794
2	68.7	4.7619	5	1237	1246	705	541	2.2865	2.4189	10.9823	83.5454	5.4723	16.4546	66.7429	5.4723	850	2912.95	2493.4852	5.08
3	70.75	4.7619	5	1236	1244	702	542	2.2804	2.4189	10.9531	83.3239	5.7230	16.6761	65.6815	5.7230	668	2289.236	1932.1152	2.794
Rata-rata	69.27	4.7619	5	1236	1245	703.667	541.333	2.2826	2.4189	10.9666	83.4266	5.6068	16.5734	66.0496	5.6359	796	2727.892	2229.7	3.3655
1	67.95	5.2133	5.5	1238.5	1249	706	543	2.2808	2.4021	12.0506	82.9000	5.0494	17.1000	70.4713	5.0494	716	2453.732	2124.9319	3.556
2	68.21	5.2133	5.5	1240	1248.5	707	541.5	2.2899	2.4021	12.0986	83.2303	4.6711	16.7697	72.1458	4.6711	820	2810.14	2422.3407	3.556
3	68.35	5.2133	5.5	1243	1252	708	544	2.2849	2.4021	12.0721	83.0483	4.8796	16.9517	71.2149	4.8796	814	2789.578	2396.2475	3.048
Rata-rata	68.17	5.2133	5.5	1240.5	1249.83	707	542.833	2.2841	2.4021	12.0738	83.0596	4.8667	16.9404	71.0758	4.9124	783.333	2684.483	2267.11	3.429
1	68.2	5.6604	6	1243	1252.5	712	540.5	2.2997	2.3856	13.2549	83.1438	3.6013	16.8562	78.6351	3.6013	706	2419.462	2066.2205	3.048
2	68.21	5.6604	6	1242	1253	709.5	543.5	2.2852	2.3856	13.1711	82.6184	4.2105	17.3816	75.7760	4.2105	860	2947.22	2540.5036	3.81
3	67.5	5.6604	6	1245	1255	711	544	2.2886	2.3856	13.1908	82.7418	4.0674	17.2582	76.4320	4.0674	688	2357.776	2063.054	3.81
Rata-rata	67.97	5.6604	6	1243.3	1253.5	710.833	542.667	2.2897	2.3856	13.2056	82.8347	3.9597	17.1653	76.6548	4.0224	751.333	2574.819	2302.57	3.6195
1	67.88	6.1033	6.5	1248	1258	717	541	2.3068	2.3694	14.4039	82.9575	2.6386	17.0425	84.5174	2.6386	715	2450.305	2121.9641	3.556
2	68.45	6.1033	6.5	1248.5	1260	715	545	2.2908	2.3694	14.3039	82.3816	3.3145	17.6184	81.1874	3.3145	807	2765.589	2383.9377	6.096
3	69.51	6.1033	6.5	1253	1257.5	714.5	543	2.3076	2.3694	14.4083	82.9831	2.6086	17.169	84.6706	2.6086	698	2392.046	2054.7675	4.572
Rata-rata	68.6133	6.1033	6.5	1249.8	1258.5	715.5	543	2.3017	2.3694	14.3720	82.7741	2.8539	17.2259	83.4585	2.8539	740	2535.98	2186.89	4.74133
1	66.85	6.5421	7	1255	1263.5	722	541.5	2.3195	2.3533	15.5969	82.9661	1.4370	17.0339	91.5640	1.4370	699	2395.473	2045.7339	7.366
2	68.41	6.5421	7	1254	1263	719.5	543.5	2.3073	2.3533	15.5148	82.5292	1.9560	17.4708	88.8040	1.9560	802	2748.454	2369.1673	4.064
3	68.03	6.5421	7	1255	1265	720	545	2.3028	2.3533	15.4844	82.3677	2.1479	17.6323	87.8183	2.1479	701	2402.327	2102.0361	3.556
Rata-rata	67.7633	6.5421	7	1255	1263.83	720.5	543.333	2.3098	2.3533	15.5320	82.6210	1.8470	17.3790	89.3954	1.8470	734	2515.418	2172.31	4.99533

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = Berat kering (sebelum direndam)
- d = Berat basah jenuh (SSD)
- e = Berat didalam air
- f = Volumic (isi) d-c
- g = Berat isi c/f
- h = B.J Maksimum { 100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj Asp)
- i = (b x g) / Bj. Agr
- j = (100 - b) x g / Bj. Agr
- k = (100 - i - j) jumlah kandungan rongga
- l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
- m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i / l)
- n = % Rongga terhadap campuran 100 - { 100 x (g / h) }
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = o x kalibrasi proving ring
- q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

Suhu pencampuran = + 160° C
 Suhu pemadatan = + 140° C
 Suhu waterbath = + 60° C
 B.J Aspal = 1.041
 B.J Agregat = 2.617
 Diperiksa Oleh :
 Tanda tangan



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14.4 Teip.95330 Yogyakarta

Lampiran 16

Asal material : PB Suradi dan PT. Perwita Karya Yogyakarta.
 Jenis Campuran : Beton Aspal AC 80/100 dengan Aspal Optimum (Normal)
 Di kerjakan Oleh : I. Murdagama 2. Paryoko Agung. N

Tanggal : 7 Desember 1999
 Dosen Pembimbing : I. Ir. Sukarno SU
 II. Ir. Bachmas MSc

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	67.93	5.2377	5.55	1236	1240.5	703.5	537	2.3017	2.4005	12.27118	83.6128	4.1160	16.3872	74.88276	4.1160	683	2217.701	1922.747	2.54	756.987
2	67.12	5.2377	5.55	1244	1286	710.5	515.5	2.2805	2.4005	12.15816	82.8427	4.9991	17.1573	70.8629	4.9991	843	2737.221	2414.229	3.556	578.917
3	67.73	5.2377	5.55	1235	1246	707	539	2.2913	2.4005	12.21576	83.2352	4.5491	16.7648	72.86534	4.5491	743	2412.521	2101.306	2.794	752.078
Rata-rata	67.593	5.258	5.55	1238	1248	707	540.5	2.291	2.4	12.215	83.2302	4.5547	16.77	73.373	4.4851	756.333	2455.814	2090.26	2.8575	736.242
1	70.05	5.618	5.95	1242.5	1255.5	714.5	511	2.2967	2.3873	13.127	83.0777	3.7953	16.9223	77.57228	3.7953	723	2347.581	1979.011	3.556	556.527
2	68.25	5.618	5.95	1246	1250	710	510	2.3074	2.3873	13.18835	83.4660	3.3456	16.534	79.76516	3.3456	837	2717.739	2339.973	3.048	767.708
3	67.92	5.618	5.95	1241	1253	710	513	2.291	2.3873	13.09444	82.8717	4.0339	17.1283	76.44892	4.0339	711	2308.617	2001.571	2.794	716.382
Rata-rata	68.74	5.618	5.95	1244	1253	711.5	511.3	2.301	2.387	13.1366	83.1385	3.7249	16.862	78.3879	3.7301	757	2457.979	2165.13	3.1115	702.081
1	67.1	5.9759	6.35	1249.5	1259	717	512	2.3054	2.3742	14.06242	83.0370	2.9006	16.963	82.9003	2.9006	738	2396.286	2113.524	4.064	520.060
2	66.82	5.9759	6.35	1246.5	1257.5	714	513.5	2.2935	2.3742	13.98994	82.6090	3.4011	17.391	80.44337	3.4011	761	2470.967	2194.219	5.08	431.933
3	66.97	5.9759	6.35	1250	1255	714.5	510.5	2.3127	2.3742	14.10709	83.3007	2.5922	16.6993	84.4772	2.5922	678	2201.466	1948.297	4.572	426.137
Rata-rata	66.963	5.976	6.35	1249	1257	715.2	512	2.306	2.374	14.0531	82.9822	2.9646	17.018	83.0745	2.9715	725.667	2356.24	2051.08	4.572	451.067

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = Berat kering (sebelahan direndam)
- d = Berat basah jernih (SSD)
- e = Berat didalam air
- f = Volume (isi) d-e
- g = Berat isi c/f
- h = B.J Maksimum / 100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj Asp)
- i = $(b \times g) / \text{Bj. Agr}$
- j = $(100 - b) \times g / \text{Bj. Agr}$
- k = $(100 - i - j)$ jumlah kandungan rongga
- l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
- m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) $100 \times (i/f)$
- n = % Rongga terhadap campuran $100 - \{100 \times (g/h)\}$
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = $o \times$ kalibrasi proving ring
- q = $p \times$ koreksi tebal benda uji (stabilitas)
- r = Flow (kelelehan)
- s = Marshall Quotient (q / r)
- Suhu pencampuran = + 160° C
- Suhu pemadatan = + 140° C
- Suhu waterbath = + 60° C
- B.J Aspal = 1.041
- B.J Agregat = 2.617
- Diperiksa Oleh :
- Tanda tangan

BAHAN SUSUN BENDA UJI TEST MARSHALL

Kadar Aspal : $5.35\% \times 1200 \text{ gram} = 76.2 \text{ gram}$

Bahan ikat : - AC 80/100

Bahan	Saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)		Jumlah Tinggal Diatas (%)	Jumlah Bahan Tertinggal Spesifikasi		Jumlah Bahan Terhadap Agregat		Jumlah Bahan Terhadap Campuran		Berat Jenis (gr/cc)	Realisasi (gr)
		(#)	Range		Mean	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)		
Agregat 1200 (gr) =100%	19.1	3/4	100	100	0	0	0	0	0	0		
	12.7	1/2	80 - 100	90	10	120						
	9.52	3/8	-	-	-	-						
	4.76	4	54 - 72	63	37	324	50	600	600	47.02	2.51	F1 = 600
	2.38	8	42 - 58	50	50	156						
	0.59	30	26 - 38	32	68	216						
Bahan Ikat AC 80/100	0.279	50	18 - 28	23	77	108						
	0.149	100	10 - 20	16	84	84	41	492	492	38.55	2.733	F2 = 492
	0.074	200	6 - 12	9	91	84						
	Filler				9	108	9	108	108	8.46	2.5308	F3 = 108
	Bitumen				100	1200	100	1200	1200	76.2	1.041	AC 80/100 = 76.2

Spesifikasi Bina Marga

1. Stabilitas
 2. Flow
 3. VITM
 4. VFWA
 5. Jumlah Tumbukan
- == Syarat > 750 Kg
 - == Syarat 2 - 4 min
 - == Syarat 3 - 5 %
 - == Syarat 75 - 82 %
 - == Syarat (jalan kelas berat) 2 x 75 kali



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

Lampiran 17

Asal material : PB Surati dan PT. Perwita Karya Yogyakarta
 Jenis Campuran : Beton Aspal AC 80/100 dengan Asbuton B-20
 Di kerjakan Oleh : I. Murdagama 2 Paryoko Agung N

Tanggal : 15 Desember 1999
 Dosen Pembimbing : I. Ir. Sukarno SU
 II. Ir. Bachnas MSC

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	70.46	5.258	5.55	1180.5	1187	640	547	2.1581	2.4005	11.506	78.3984	10.0957	21.602	53.2642	10.0957	438	1422.186	1193.214	3.556	335.55
2	70.1	5.258	5.55	1180	1186.5	644.5	542	2.1771	2.4005	11.607	79.0881	9.3047	20.912	55.505	9.3047	593	1925.471	1623.172	3.556	456.46
3	70.08	5.258	5.55	1178	1186	642.5	543.5	2.1674	2.4005	11.555	78.7362	9.7083	21.264	54.3434	9.7083	447	1451.409	1223.538	4.318	283.358
Rata-rata	70.213	5.258	5.55	1180	1186.5	642.3	544.17	2.168	2.4005	11.556	78.7409	9.70292	21.26	54.654	9.60337	492.667	1599.6887	1415.77	3.7465	382.9568
1	70.35	5.618	5.95	1178	1187	645	542	2.1734	2.3873	12.423	78.6197	8.95769	21.38	58.103	8.9577	551	1789.097	1509.998	4.572	330.271
2	70.08	5.618	5.95	1184	1192	646	546	2.1685	2.3873	12.394	78.4413	9.16435	21.559	57.4912	9.1644	587	1905.989	1606.749	2.794	575.071
3	70.18	5.618	5.95	1187	1194	647.5	546.5	2.172	2.3873	12.414	78.5681	9.01751	21.432	57.9249	9.0175	538	1746.886	1470.878	4.572	321.714
Rata-rata	70.203	5.618	5.95	1183	1191	646.2	544.83	2.171	2.3873	12.41	78.543	9.04652	21.46	57.753	9.07598	558.667	1813.9907	1548.59	3.683	450.3318
1	70.08	5.976	6.35	1191	1197	661.5	535.5	2.2241	2.3742	13.567	80.11	6.32327	19.89	68.2088	6.3233	626	2032.622	1713.500	4.826	355.056
2	70.51	5.976	6.35	1190	1198	647.5	550.5	2.1617	2.3742	13.186	77.8617	8.95228	22.138	59.562	8.9523	480	1558.56	1307.632	4.572	286.009
3	68.81	5.976	6.35	1188.5	1195	646	549	2.1648	2.3742	13.205	77.9761	8.81859	22.024	59.9591	8.8186	484	1571.548	1343.674	3.302	406.927
Rata-rata	69.8	5.976	6.35	1190	1196.7	651.7	545	2.184	2.3742	13.319	78.6493	8.03138	21.35	62.577	8.03138	530	1720.91	1454.94	4.233333	349.3306

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = Berat kering (sebelum direndam)
- d = Berat basah jenuh (SSD)
- e = Berat didalam air
- f = Volume (isi) d-e
- g = Berat isi c/f
- h = B.J. Maksimum $\{ 100 : (\% \text{ Agr/Bj Agr} + \% \text{ Asp/Bj Asp})$
- i = $(b \times g) / \text{Bj. Agr}$
- j = $(100 - b) \times g / \text{Bj. Agr}$
- k = $(100 - l - j)$ jumlah kandungan rongga
- l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
- m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) $100 \times (i/l)$
- n = % Rongga terhadap campuran $100 - \{ 100 \times (g/h) \}$
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = $o \times$ kalibrasi proving ring
- q = $p \times$ koreksi tebal benda uji (stabilitas)
- r = Flow (kelelahan)
- s = Marshall Quotient (q/r)
- Suhu pencampuran = + 160° C
- Suhu pemadatan = + 140° C
- Suhu waterbath = + 60° C
- B.J Aspal = 1,041
- B.J Agregat = 2,617
- Diperiksa Oleh :
- Tanda tangan



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

Lampiran 18

Asal material : PB Suradi dan PT. Perwita Karya Yogyakarta
 Jenis Campuran : Beton Aspal AC 80/100 dengan Asbuton B-20 dan PC
 Di kerjakan Oleh : 1. Mardiana 2. Paryoko Agung N

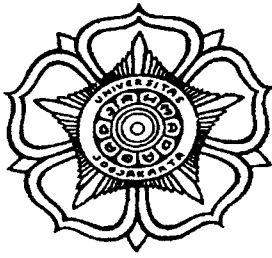
Tanggal : 17 Desember 1999
 Dosen Pembimbing : I. Ir. Sukarno SU
 II. Ir. Bachmas MSc

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
1	69.67	5.258	5.55	1200.5	1210	663.5	546.5	2.1967	2.40048	11.7115	79.7996	8.4889	20.2004	57.9768	8.4889	574	1863.778	1578.62	5.334	295.954
2	72.13	5.258	5.55	1196.5	1204	645.5	558.5	2.1423	2.40048	11.4217	77.8248	10.7535	22.1752	51.5068	10.7535	616	2000.152	1642.125	5.842	281.089
3	70.53	5.258	5.55	1197.5	1206	656.5	549.5	2.1793	2.40048	11.6185	79.1656	9.2159	20.8344	55.7659	9.2159	438	1422.186	1191.792	5.588	213.277
Rata-rata	70.78	5.258	5.55	1198.17	1206.7	655.2	551.5	2.1652	2.4005	11.584	78.930	9.4861	21.07	54.1891	9.4185	542.67	1821.567	1513.67	5.6515	267.8526
1	68.63	5.618	5.95	1203.5	1211	667	544	2.2123	2.38728	12.6448	80.0263	7.3289	19.9737	63.3074	7.3289	576	1870.272	1602.823	5.588	286.833
2	70.58	5.618	5.95	1196.5	1209	652.5	556.5	2.1500	2.38728	12.2889	77.7737	9.9373	22.2263	55.2901	9.9373	532	1727.404	1447.565	4.572	316.615
3	70.8	5.618	5.95	1202.5	1212	656.5	555.5	2.1647	2.38728	12.3728	78.3045	9.3228	21.6955	57.0291	9.3228	622	2019.634	1686.394	5.334	316.159
Rata-rata	70.01	5.618	5.95	1200.83	1210.7	658.7	552	2.1757	2.3873	12.436	78.701	8.8630	21.299	58.5422	8.864	576.67	1836.179	1578.93	5.164667	306.3359
1	69.92	5.976	6.35	1210.5	1219.5	669	530.5	2.1989	2.37422	13.4131	79.203	7.3838	20.797	64.4957	7.3838	659	2139.773	1805.968	3.302	546.932
2	70.23	5.976	6.35	1214.5	1224	670	554	2.1922	2.37422	13.3724	78.9627	7.6648	21.0373	63.5655	7.6648	639	2074.833	1744.935	4.572	381.657
3	69.95	5.976	6.35	1210	1222	668.5	553.5	2.1861	2.37422	13.3349	78.7412	7.9238	21.2588	62.7267	7.9238	661	2146.267	1811.449	5.334	339.604
Rata-rata	70.03	5.976	6.35	1211.67	1221.8	669.2	552.67	2.1924	2.3742	13.374	78.969	7.6575	21.031	63.596	7.7377	653	2120.291	1787.45	4.402667	422.7309

- t = tebal benda uji
- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = Berat kering (sebelum direndam)
- d = Berat basah jenuh (SSD)
- e = Berat didalam air
- f = Volume (isi) d-e
- g = Berat isi c/f
- h = B.J Maksimum { 100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj Asp)
- i = $(b \times g) / Bj \text{ Agr}$
- j = $(100 - b) \times g / Bj \text{ Agr}$
- k = $(100 - i - j)$ jumlah kandungan rongga
- l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
- m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) $100 \times (i/f)$
- n = % Rongga terhadap campuran $100 - \{100 \times (g/h)\}$
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = o x kalibrasi proving ring
- q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)
- r = Flow (kelelahan)
- s = Marshall Quotient (q / r)
- Suhu pencampuran = + 160° C
- Suhu pematangan = + 140° C
- Suhu waterbath = + 60° C
- B.J Aspal = 1,041
- B.J Agregat = 2,617
- Diperiksa Oleh :

Tanda tangan



UNIVERSITAS GADJAH MADA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK TRANSPORTASI

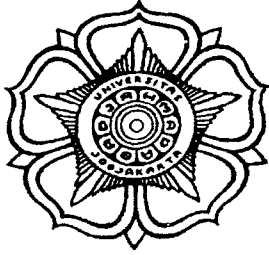
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Jl. Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta
Telpon : (0274) 902246, 512796. Fax (274) 512796

PEMERIKSAAN BERAT JENIS
MINERAL ASBUTON
PB – 0109 – 76

1. Berat Picnometer + Benda uji	= 34,240 gram
2. Berat Picnometer kosong	= 28,400 gram
3. Berat benda uji (1 – 2)	= 5,840 gram
4. Berat Picnometer + Aquadest + Benda uji	= 78,850 gram
5. Berat Picnometer + Aquadest	= 78,200 gram
6. (1 – 2) + 5	= 84,040 gram
7. Volume benda uji (6 – 4)	= 5,190 gram
8. Berat jenis benda uji	= 1,1252 gram

Pemeriksa





UNIVERSITAS GADJAH MADA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK TRANSPORTASI

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM Jl. Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta
Telpon : (0274) 902246, 512796. Fax (274) 512796

PEMERIKSAN KADAR BITUMEN
ASBUTON DENGAN CARA REFLUX EKSTRAKSI

1. Berat Benda uji = 800 gram
2. Berat kertas filter = 9.2 gram
3. Berat mineral + kertas filter = 809.2 gram
4. Berat nampang kosong = -
5. Berat mineral = 626.5 gram
6. Kadar Bitumen $\left(\frac{(1-5)}{1} \times 100\% \right)$ = 21.69 %
7. Kriteria Asbuton = B-20

Catatan :

Kriteria Asbuton	Kadar Bitumen
B - 10	9 - 11 %
B - 13	11.5 - 14.5 %
B - 16	15 - 17 %
B - 20	17.5 - 22.5 %
B - 25	23 - 27 %
B - 30	27.5 - 32.5 %

Pemeriksa



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PB. Suradi dan PT.Perwita Karya Yk

Jenis Contoh : Agregat Halus dan Kasar

Diperiksa Tgl : 30 November 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

KETERANGAN	BERAT
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) —————→ (BJ)	1533 gram
Berat benda uji didalam air —————→ (BA)	936 gram
Berat sampai kering oven —————→ (BK)	1499 gram
Berat Jenis (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2.51 gram
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2.56 gram
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2.66 gram
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	2.27 %

Yogyakarta, 30 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII
Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : PB. Suradi dan PT.Perwita Karya Yk

Jenis Contoh : Agregat Halus dan Kasar

Diperiksa Tgl : 30 November 1999

Diperiksa Oleh :

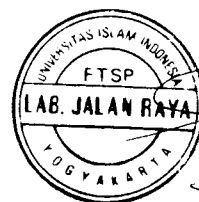
MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

KETERANGAN	BERAT
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gram
Berat vicnometer + Air (B)	670 gram
Berat vicnometer + Air + Benda uji (BT)	990 gram
Berat samapi kering oven (BK)	492 gram
Berat Jenis = $\frac{BK}{(B + 500 + BT)}$	2.733 gram
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2.7778 gram
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2.8605 gram
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\%$	2.27 %

Yogyakarta, 30 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ABU BATU

Contoh dari : PB. Suradi dan PT.Perwita Karya Yk

Jenis Contoh : Abu Batu

Diperiksa Tgl : 29 November 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

No.	Urutan Pekerjaan	Berat
1	Berat vicnometer kosong	57.05 gram
2	Berat vicnometer + Aquadest	85.23 gram
3	Berat air (2 - 1)	28.18 gram
4	Berat vicnometer + Abu Batu	66.92 gram
5	Berat Abu Batu (4 - 1)	9.87 gram
6	Berat vicnometer + PC + Aquadest	91.20 gram
7	Berat airnya saja (6 - 4)	24.28 gram
8	Volume Abu Batu (3 - 7)	3.90 gram
9	Berat Jenis Abu Batu : berat / volume (5 / 8)	- 2.5308 gram

Yogyakarta, 29 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Murdagama



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

SAND EQUIVALENT DATA A A S H T O T 176 - 73

Contoh dari : PB. Suradi dan PT.Perwita Karya Yk

Jenis Contoh : Agregat Halus

Diperiksa Tgl : 30 November 1999

Dikerjakan Oleh :

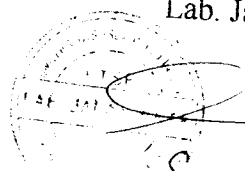
MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

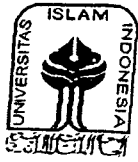
TRIAL NUMBER		1	2	3
Seaking (10.1 Min)	Start	12.55 WIB		
	Stop	13.05 WIB		
Sedimentation Time (20 Min - 15 Sec)	Start	13.09 WIB		
	Stop	13.30 WIB		
Clay Reading		4.2 "		
Sand Reading		2.9 "		
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$		69 %		
Avarage Sand Equivalent		69 %		
Remark	: Kadar lumpur = 100 - SE = 100 - 69 % = 31 %			

Yogyakarta, 30 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST) A A S H T O T 96 - 77

Contoh dari : PB. Suradi dan PT. Perwita Karya Yk
 Jenis Contoh : Agregat Halus dan Kasar
 Diperiksa Tgl : 1 Desember 1999

Dikerjakan Oleh :
 MURDAGAMA
 PARYOKO AGUNG. N

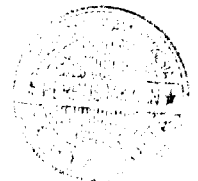
JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN		I	II
LOLOS	TERTAHAN		
72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	2500 gr	
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500 gr	
12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")		
09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
06.3 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)		
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3362 gr	
KEAUSAN = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$		32.76 %	

Yogyakarta, 1 Desember 1999

Lab. Jalan Raya UII



M. Yamsudin





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : PB. Suradi dan PT. Perwita Karya Yk

Dikerjakan Oleh :

Jenis Contoh : Agregat Halus dan Kasar

MURDAGAMA

Diperiksa Tgl : 30 November 1999

PARYOKO AGUNG. N

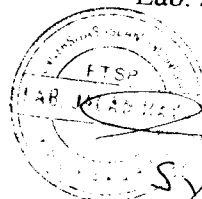
PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	27 °C	9.30 WIB
Selesai pemanasan	130 °C	9.45 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
Mulai	130 °C	9.45 WIB
Selesai	27 °C	10.30 WIB
DIPERIKSA		
Mulai	27 °C	10.30 WIB
Selesai	27 °C	10.40 WIB

HASIL PENGAMATAN

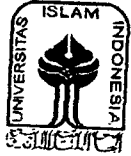
BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPHALT
I	98 %
II	-
Rata - rata	-

Yogyakarta, 30 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS PC

Contoh dari : Lab. Jalan Raya UII

Jenis Contoh : Semen Gresik

Diperiksa Tgl : 15 Desember 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

No.	Urutan Pekerjaan	Berat
1	Berat vicnometer kosong	28.51 gram
2	Berat vicnometer + Aquadest	78.31 gram
3	Berat air (2 - 1)	49.8 gram
4	Berat vicnometer + PC	35.43 gram
5	Berat PC (4 - 1)	6.92 gram
6	Berat vicnometer + PC + Aquadest	83.01 gram
7	Berat airnya saja (6 - 4)	47.58 gram
8	Volume PC (3 - 7)	2.22 gram
9	Berat Jenis PC : berat / volume (5 / 8)	3.1177 gram

Yogyakarta, 15 Desember 1999

Lab. Jalan Raya UII





LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPHALT

Contoh dari : PT.Perwita Karya Yogyakarta

Jenis Contoh : AC 80 / 100

Diperiksa Tgl : 29 November 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

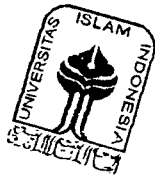
No.	Urutan Pekerjaan	Berat
1	Berat vicnometer kosong	29.06 gram
2	Berat vicnometer + Aquadest	78.84 gram
3	Berat air (2 - 1)	49.78 gram
4	Berat vicnometer + Asphalt	31.11 gram
5	Berat Asphalt (4 - 1)	2.05 gram
6	Berat vicnometer + Asphalt + Aquadest	78.92 gram
7	Berat airnya saja (6 - 4)	47.81 gram
8	Volume Asphalt (3 - 7)	1.97 gram
9	Berat Jenis Asphalt : berat / volume (5 / 8)	1.041 gram

Yogyakarta, 29 November 1999

Lab. Jalan Raya UII



Xamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHALT

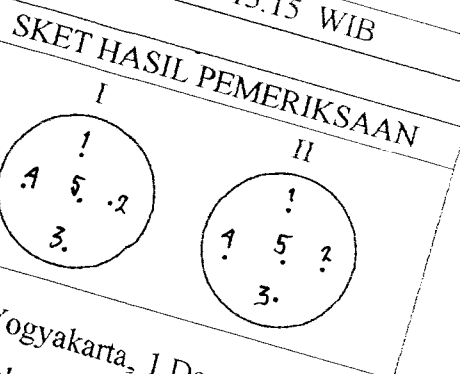
Contoh dari : PT. Perwita Karya Yogyakarta
 Jenis Contoh : AC 80 / 100
 Diperiksa Tgl : 1 Desember 1999

Dikerjakan Oleh :
 MURDAGAMA
 PARYOKO AGUNG. N

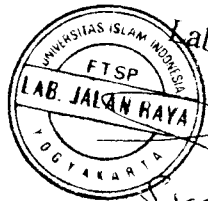
PEMANASAN SAMPEL		PEMBACAAN SUHU		PEMBACAAN WAKTU	
Mulai pemanasan		25° C		10.50 WIB	
Selesai pemanasan		160° C		11.15 WIB	
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		160° C		11.15 WIB	
Mulai		27.5° C		12.15 WIB	
Selesai		27.5° C		12.15 WIB	
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25° C)		25° C		12.30 WIB	
Mulai		25° C		12.35 WIB	
Selesai		25° C		13.15 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No	CAWAN (I)	CAWAN (II)
1	82	81
2	83	83
3	84	84
4	85	82
5	85	83



Yogyakarta, 1 Desember 1999
 Lab. Jalan Raya UII



Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPHALT

Contoh dari : PT.Perwita Karya Yogyakarta

Jenis Contoh : AC 80 / 100

Diperiksa Tgl : 1 Desember 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

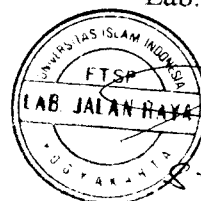
PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25° C	09.30 WIB
Selesai pemanasan	160° C	09.50 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
Mulai	160° C	09.50 WIB
Selesai	27° C	11.48 WIB
DIPERIKSA		
Mulai	80° C	11.53 WIB
Selesai	370° C	13.06 WIB

HASIL PENGAMATAN

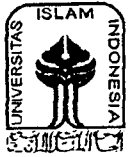
CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	343° C	368° C
II		
Rata – rata		

Yogyakarta, 1 Desember 1999

Lab. Jalan Raya UII



Yamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHALT

Contoh dari : PT.Perwita Karya Yogyakarta

Jenis Contoh : AC 80 / 100

Diperiksa Tgl : 30 November 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

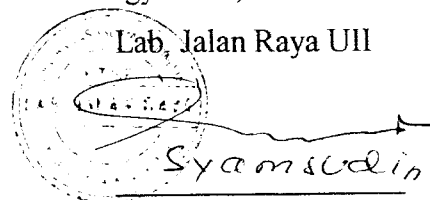
PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25° C	10.55 WIB
Selesai pemanasan	160° C	11.15 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
Mulai	160° C	11.15 WIB
Selesai	27° C	13.30 WIB
DIPERIKSA		
Mulai	5° C	13.40 WIB
Selesai	50° C	13.38 WIB

HASIL PENGAMATAN

NO	SUHU YG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5	13.40,0	0° 0' 0"	49° C	49° C
2	10	13.41,2	0° 1' 2"		
3	15	13.42,4	0° 2' 4"		
4	20	13.43,2	0° 3' 2"		
5	2	13.44,2	0° 4' 2"		
6	30	13.45,3	0° 5' 3"		
7	35	13.46,4	0° 6' 4"		
8	40	13.47,2	0° 7' 2"		
9	45	13.48,3	0° 8' 3"		
10	50	13.49,0	0° 9' 0"		
11	55				

Yogyakarta, 30 November 1999

Lab, Jalan Raya UII


Syamsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE

Contoh dari : PT.Perwita Karya Yogyakarta

Jenis Contoh : AC 80 / 100

Diperiksa Tgl : 29 November 1999

Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

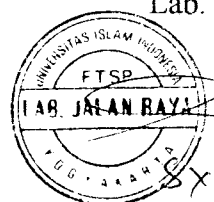
Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}C$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu $\pm 25^{\circ}C$	60 menit	Pembacaan suhu Water Bath $\pm 25^{\circ}C$
Pemeriksaan	Daktalitas pada $\pm 25^{\circ}C$, 5 cm / menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}C$

DAKTILITAS pada $25^{\circ}C$, 5 cm / menit	PEMBACAAN PENGUKUR SUHU
Pengamatan I	> 165 cm
Pengamatan II	> 165 cm
Rata – rata	> 165 cm

Yogyakarta, 29 November 1999

Lampiran 32

Lab. Jalan Raya UII



Samsudin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM CCL₄

Contoh dari : PT.Perwita Karya Yogyakarta

Jenis Contoh : AC 80 / 100

Diperiksa Tgl : 2 Desember 1999

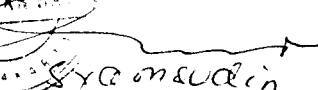
Dikerjakan Oleh :

MURDAGAMA

PARYOKO AGUNG. N

Pembukaan Contoh	DIPANASKAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu	
	Mulai	Jam			
PEMERIKSAAN	Selesai	Jam			
	1. Penimbangan	Mulai	Jam		
	2. Pelarutan	Mulai	Jam		
	3. Penyaringan	Mulai	Jam	09.15	25° C
		Selesai	Jam	09.24	
4. Di Oven	Mulai	Jam	10.05		
5. Penimbangan	Selesai	Jam	10.45		

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	7.35	gr
2. Berat Erlenmeyer + Aspal	76.6	gr
3. Berat Aspal (2 - 1)	2.65	gr
4. Berat kertas sarng bersih	0.63	gr
5. Berat kertas saring + endapan	0.65	gr
6. Berat endapanya saja (5 - 4)	0.02	gr
7. Persentase endapan $\left(\frac{6}{3} \times 100\% \right)$	0.739	%
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	99.25	%

Yogyakarta, 2 Desember 1999
Lab. Jalan Raya UII

Syaifuldin



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM. 14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

GRAFIK PEMBAGIAN BUTIRAN AGREGAT

