

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN PENGARUH LAMA PEMERAMAN ASBUTON
MENGUNAKAN FLUX BUTAS BUATAN SEBAGAI
BAHAN PEREMAJA TERHADAP HRA DENGAN
CAMPURAN SECARA DINGIN**



Disusun Oleh :

WIDYO TOMO KUSDIYANTO

No. Mhs. : 93 310 107

NIRM : 930051013114120104

ANDI BAYU LAKSONO

No. Mhs. : 93 310 285

NIRM : 930051013114120281

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

2000

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN PENGARUH LAMA PEMERAMAN ASBUTON
MENGUNAKAN FLUX BUTAS BUATAN SEBAGAI
BAHAN PEREMAJA TERHADAP HRA DENGAN
CAMPURAN SECARA DINGIN**

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

Disusun Oleh :

WIDYO TOMO KUSDIYANTO

**No. Mhs. : 93 310 107
NIRM : 930051013114120104**

ANDI BAYU LAKSONO

**No. Mhs. : 93 310 285
NIRM : 930051013114120281**

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

2000

Halaman Pengesahan

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN PENGARUH LAMA PEMERAMAN ASBUTON
MENGUNAKAN FLUX BUTAS BUATAN SEBAGAI
BAHAN PEREMAJA TERHADAP HRA DENGAN
CAMPURAN SECARA DINGIN**

Disusun Oleh :

WIDYO TOMO KUSDIYANTO

No. Mhs. : 93 310 107

NIRM : 930051013114120104

ANDI BAYU LAKSONO

No. Mhs. : 93 310 285

NIRM : 930051013114120281

Telah Diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Balya Umar, MSc.

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 12-10-2000

Ir. Subarkah, MT.

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 12-10-2000

KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “PENELITIAN PENGARUH LAMA PEMERAMAN ASBUTON MENGGUNAKAN FLUX BUTAS BUATAN SEBAGAI BAHAN PEREMAJA TERHADAP HRA DENGAN CAMPURAN SECARA DINGIN’.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari, kendala dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini bukanlah tidak ada, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penyusun akhirnya mampu mengatasi hambatan yang dihadapi.

Melalui kesempatan ini, tak lupa penyusun ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE., Ph.d., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak Ir. H. Balya Umar, Msc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun.
4. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun.
5. Bapak Ir. Iskandar Sy, MT., selaku Dosen Tamu yang telah berkenan memberikan masukan dan pengarahan kepada penyusun.
6. Bapak Syamsudin dan Bapak Sukamto, selaku staf Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Bapak Ir. Imam Basuki, selaku Kepala Laboratorium Teknik Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
8. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Mei 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Intisari	xiii
Daftar Pustaka	xiv
Lampiran	xv
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	5
2.1 Asbuton.....	5

2.2 Hot Rolled Asphalt (HRA).....	8
2.3 Bahan Peremaja.....	11
2.4 Perencanaan Campuran Secara Dingin (Cold Mix).....	13
2.5 Flux Butas Buatan.....	14
2.6 Lama Pemeraman.....	16
2.7 Agregat.....	16
BAB III Landasan Teori.....	18
3.1 Perkerasan Jalan.....	18
3.2 Bahan Penyusun.....	19
3.2.1 Agregat.....	19
3.2.2 Asbuton.....	23
3.2.3 Filler.....	24
3.2.4 Flux Butas Buatan.....	24
3.3 Perencanaan Campuran Secara Dingin (Cold Mix).....	25
3.4 Pemeriksaan Campuran Dengan Metode Marshall.....	25
3.4.1 Density (Kepadatan).....	25
3.4.2 Void Filled With Asphalt (VFWA).....	26
3.4.3 Void In The Mix (VITM).....	26
3.4.4 Stabilitas.....	27
3.4.5 Flow (Kelelehan).....	27
BAB IV Hipotesis.....	29

BAB V Metodologi Penelitian.....	30
5.1 Bahan.....	30
5.1.1 Asal Bahan.....	30
5.1.2 Persyaratan Bahan Penelitian.....	30
5.2 Peralatan.....	32
5.3 Perencanaan Campuran.....	33
5.4 Pelaksanaan Penelitian.....	35
5.4.1 Pembuatan Benda Uji.....	35
5.4.2 Pengujian Marshall.....	36
5.5 Analisis Hasil Penelitian.....	38
BAB VI Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	44
6.1 Hasil Penelitian.....	44
6.2 Pembahasan.....	48
6.2.1 Tinjauan Terhadap Kepadatan (Density).....	49
6.2.2 Tinjauan Terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt).....	51
6.2.3 Tinjauan Terhadap VITM (Void In The Mix).....	53
6.2.4 Tinjauan Terhadap Stabilitas.....	56
6.2.5 Tinjauan Terhadap Flow	58
6.2.6 Tinjauan Terhadap Marshall Quotient.....	61
6.2.7 Tinjauan Umum Terhadap Kriteria Marshall.....	62

BAB VII Kesimpulan dan Saran	65
7.1 Kesimpulan.....	65
7.2 Saran-saran.....	66
Penutup	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Asbuton.....	5
Tabel 2.2	Kandungan Mineral Asbuton.....	6
Tabel 2.3	Persyaratan Gradasi Campuran HRA.....	8
Tabel 2.4	Persyaratan Marshall Test Untuk HRA.....	9
Tabel 3.1	Persyaratan Gradasi Agregat Dengan Flux Asbuton.....	22
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Kasar.....	23
Tabel 3.3	Persyaratan Agregat Halus.....	23
Tabel 3.4	Persyaratan Asbuton B-20.....	24
Tabel 3.5	Persyaratan Flux Butas Buatan.....	24
Tabel 5.1	Persyaratan Gradasi Campuran HRA.....	34
Tabel 6.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	44
Tabel 6.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus dan Filler.....	44
Tabel 6.3	Hasil Pemeriksaan Asbuton.....	45
Tabel 6.4	Analisa Saringan Agregat HRA.....	45
Tabel 6.5	Analisa Saringan Agregat HRA Setelah Dikoreksi.....	46
Tabel 6.6	Hasil Pemeriksaan Flux Butas Buatan.....	47
Tabel 6.7	Hasil Test Marshall Campuran Agregat dan Asbuton dengan Flux Butas Buatan.....	47
Tabel 6.8	Persyaratan Marshall Test Untuk HRA.....	48

Tabel 6.9	Nilai Density pada Variasi Pemeraman.....	49
Tabel 6.10	Nilai VFWA pada Variasi Pemeraman.....	51
Tabel 6.11	Nilai VITM pada Variasi Pemeraman.....	54
Tabel 6.12	Nilai Stabilitas pada Variasi Pemeraman.....	56
Tabel 6.13	Nilai Flow pada Variasi Pemeraman.....	59
Tabel 6.14	Nilai Marshall Quotient pada Variasi Pemeraman.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1	Bagan Alir Penelitian Campuran HRA dengan Bahan Ikat Asbuton B-20 dan Peremaja Flux Butas Buatan.....	43
Gambar 6.1	Hubungan Lama Pemeraman dengan Density.....	50
Gambar 6.2	Hubungan Lama Pemeraman dengan VFWA.....	52
Gambar 6.3	Hubungan Lama Pemeraman dengan VITM.....	54
Gambar 6.4	Hubungan Lama Pemeraman dengan Stabilitas.....	57
Gambar 6.5	Hubungan Lama Pemeraman dengan Flow.....	59
Gambar 6.6	Hubungan Lama Pemeraman dengan Marshall Quotient.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

1. Bahan Susun Benda Uji Marshall Test
2. Perhitungan Koreksi Mineral Asbuton
3. Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)
4. Sand Equivalent Data
5. Pemeriksaan Viscositas Kinematik
6. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
7. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Flux
8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Filler
10. Pemeriksaan Kadar Bitumen Asbuton
11. Pemeriksaan Jenis mineral Asbuton
12. Pemeriksaan Kadar Bitumen Benda uji
13. Pemeriksaan Kadar Bitumen Benda uji
14. Perhitungan Test Marshall
15. Perhitungan Test Marshall

INTISARI

Asbuton adalah aspal alam yang merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan, yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat menggantikan pemakaian aspal minyak pada suatu perkerasan jalan. Kendala pada perkerasan dengan memakai bahan ikat asbuton adalah kualitas lapis keras yang dihasilkan belum bisa sebaik lapis keras yang menggunakan aspal minyak. Hal ini disebabkan masih banyak sifat-sifat asbuton yang belum diketahui, sehingga dalam aplikasinya sering ditemui kekurangan dan ketimpangan kualitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pemeraman asbuton sebagai bahan ikat dengan flux butas buatan sebagai bahan peremaja terhadap sifat Marshall campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) secara dingin. Asbuton yang digunakan adalah asbuton B-20 yang diperam dengan flux butas buatan (solar + oli bekas SAE W 20-50) dengan lama pemeraman 4 hari, 8 hari, 12 hari, 16 hari, 20 hari dan 24 hari. Pengujian yang dilakukan terhadap campuran menggunakan uji Marshall untuk mengetahui nilai-nilai : Density, Voids In The Mix, Voids Filled With Asphalt, Stability, Flow dan Marshall Quotient pada setiap variasi pemeramannya.

Hasil analisis secara keseluruhan terhadap sifat Marshall campuran HRA dapat disimpulkan bahwa nilai optimum diperoleh pada lama pemeraman hari ke-12. Namun demikian, campuran ini tidak dapat dipergunakan sebagai lapis perkerasan dikarenakan nilai stabilitas dan Marshall Quotientnya tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sarana dan prasarana transportasi dewasa ini, diarahkan untuk menuju terciptanya jaringan transportasi yang handal, efisien, dan mampu mendukung pembangunan. Pengadaan sarana dan prasarana transportasi tersebut, memerlukan suatu temuan teknologi yang dapat mempercepat dan memperbaiki mutu dari infra struktur yang ada serta dipandang menguntungkan dari segi ekonomi, yaitu dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia.

Pembangunan jalan juga memerlukan pemikiran-pemikiran baru yang mendukung tercapainya kualitas dan kuantitas yang baik dengan biaya yang murah dari suatu lapis perkerasan. Salah satu alternatif yang digunakan adalah dengan penganekaragaman bahan perkerasan sebagai lapis tipis atau lapis permukaan dengan kemampuan daya dukung yang cukup terhadap beban lalu lintas.

Pada umumnya, bahan pengikat lapis permukaan yang digunakan adalah aspal minyak. Aspal ini berasal dari produksi destilasi minyak bumi yang sebagian besar masih tergantung pada aspal import. Biaya pengadaan aspal ini sangat besar dan setiap saat selalu meningkat, sehingga mulai dipikirkan bahan lain yang lebih ekonomis dengan mutu yang mendekati aspal minyak. Salah satu bahan pengikat yang mulai dikembangkan adalah aspal Buton (asbuton).

Pemilihan jenis bahan perkerasan ini diharapkan dapat mengurangi pengeluaran (devisa) akibat impor bahan mentah aspal minyak. Jenis ini dipilih karena kandungan cadangan asbuton di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara diperkirakan mencapai 163.900.000 ton dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Kendala yang dihadapi sampai saat ini pada perkerasan dengan memakai bahan ikat asbuton adalah kualitas konstruksi yang dihasilkan belum sebaik konstruksi perkerasan yang memakai aspal minyak. Salah satu faktor penyebabnya adalah masih banyak sifat-sifat asbuton yang belum diketahui, sehingga dalam aplikasinya sering ditemui kekurangan dan ketimpangan kualitas. Selain kendala kualitas, asbuton yang didapatkan dari alam masih berwujud batu dengan kadar aspal 10% - 35%, dan lokasi untuk mendapatkan asbuton yang cukup jauh dari lokasi proyek sehingga biaya transportasi yang harus dikeluarkan juga cukup tinggi.

Dalam pemanfaatan asbuton sebagai bahan pengikat tidak dapat langsung digunakan setelah diambil dari alam tetapi harus melalui pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara untuk mengolah asbuton adalah dengan peremajaan yaitu proses pelunakan atau pelarutan asbuton dengan menggunakan bahan peremaja. Pelunakan asbuton selain memerlukan waktu juga dipengaruhi oleh jenis bahan peremaja dan ukuran besar kecilnya diameter butiran dalam aspal.

Dari berbagai permasalahan yang ada, penyusun mencoba untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh lama pemeraman asbuton menggunakan flux butas buatan, yang terdiri dari solar + oli bekas SAE W 20–50 sebagai bahan peremaja terhadap HRA dengan campuran secara dingin.

HRA dipilih dalam penelitian ini karena merupakan salah satu jenis lapis permukaan yang kurang populer, dalam arti penggunaannya belum begitu meluas di Indonesia. HRA merupakan campuran bergradasi timpang/gap graded dan berkadar aspal tinggi, sehingga sangat cocok untuk kondisi di Indonesia. Kondisi iklim di Indonesia pada umumnya yaitu :

1. Curah hujan tinggi maka diperlukan lapis permukaan yang ekstra kedap air.
2. Frekuensi sinar matahari yang tinggi sehingga daya proses oksidasi menjadi tinggi maka diperlukan lapisan yang ekstra solid (sedikit rongga).

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama pemeraman asbuton dengan menggunakan flux butas buatan sebagai bahan peremaja terhadap HRA dengan campuran secara dingin.

Metode penelitian menggunakan pemeriksaan Marshall untuk menentukan nilai density, stabilitas, kelelahan, banyaknya rongga campuran yang terisi oleh aspal, banyaknya rongga udara dalam campuran asbuton agregat dan Marshall Quotient.

1.3. Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi pemikiran tentang pengaruh lama pemeraman asbuton menggunakan flux butas buatan sebagai bahan peremaja, sehingga dalam aplikasi dapat dijadikan sebagai acuan mengenai waktu yang tepat dalam penerapan di lapangan sehingga akan didapatkan kualitas

perkerasan yang baik. Selain itu akan dapat diketahui hasil paling optimal dengan membuat suatu variasi terhadap waktu pemeramannya.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pengujian laboratorium mengenai pengaruh lama pemeraman asbuton dengan menggunakan flux butas buatan sebagai bahan peremaja terhadap HRA dengan campuran secara dingin. Adapun secara spesifik dibatasi dengan hal-hal sebagai berikut ini.

1. Asbuton yang digunakan adalah asbuton dengan tipe B-20 (kadar bitumen 17,5% - 22,5%).
2. Flux butas buatan (sendiri) dengan menggunakan : solar + oli bekas (SAE W 20-50) dengan perbandingan 9 : 1.
3. Lama pemeraman diambil : 4 hari, 8 hari, 12 hari, 16 hari, 20 hari, dan 24 hari.
4. Penelitian dilakukan tanpa membahas unsur mineral yang terkandung dalam asbuton dan semua mineral asbuton akan digunakan sebagai filler.
5. Tinjauan karakteristik campuran terbatas pada pengujian Marshall di laboratorium.
6. Penelitian ini hanya ditinjau dari lama pemeraman, dan tidak mengenai cara pelaksanaan penghampanan maupun pemadatan di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Asbuton

Asbuton adalah aspal alam yang berasal dari pulau Buton yang merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan (Dalimin, 1980). Asbuton berbentuk sebagai lapisan batu cadas berwarna hitam yang menyembul di atas permukaan tanah sebagai gumuk (gunung kecil) dan sebagian lagi lapisan tersebut hanya terdapat beberapa meter di bawah permukaan tanah.

Partikel Asbuton di dalam pemanfaatannya dikelompokkan berdasarkan kandungan bitumennya (Dairi, 1991), seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Asbuton Murni

Asbuton	Kadar bitumen
Asbuton B10	9,0% - 11,4%
Asbuton B13	11,5% - 14,5%
Asbuton B16	14,6% - 17,9%
Asbuton B20	18,0% - 22,5%
Asbuton B25	22,6% - 27,4%
Asbuton B30	27,5% - 32,25%

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

Asbuton tergolong aspal batu yang dalam bahasa asing disebut rock asphalt atau asphaltic rock. Bahan penyusun Asbuton pada umumnya terdiri dari :

1. 30 % bahan bitumen,
2. 65 % bahan mineral,
3. 5 % bahan lain.

Bahan bitumen terdiri dari :

1. Asphaltenes : 68,42 %.
2. Maltenese : 31,58 %, yang meliputi nitrogen bases 17 %, acidaffins I 5,48 %, acidafins II 4 %, parafins 4,88 %.

Bahan mineral yang terkandung di dalam Asbuton terdiri dari berbagai jenis, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kandungan Mineral Asbuton

Mineral	Kandungan
Kalsium Karbonat (CaCO_3)	81,62 – 85,21
Magnesium Karbonat (MgCO_3)	1,98 – 2,25
Kalsium Sulfat (CaSO_4)	1,25 – 1,70
Kalsium Sulfida (CaS)	0,17 – 0,33
Air Kablen/Hablur/Kristal	1,30 – 2,15
Silikat Oksida (SiO_2)	6,95 – 8,25
Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan Feri Oksida (FeO_3)	2,15 – 2,84
Sisa	0,83 – 1,12

Sumber : Soeprapto Totomihardjo, 1995.

Partikel Asbuton adalah merupakan material yang terdiri dari kombinasi mineral, bitumen (aspal), dan air, berwarna kecoklat-coklatan. Sangat porous, relatif ringan dan pada umumnya mineral asbuton terdiri dari batu kapur dari ukuran debu sampai ukuran pasir. Partikel asbuton sampai pada suhu 30°C , masih bersifat rapuh

dan mudah dipecah, sedangkan pada suhu di atas 40° - 60°C, bersifat agak plastis dan sukar dipecah. Pada suhu 60° - 100°C, bersifat plastis dan sukar pecah, dan akan hancur bila suhu mencapai 100° - 150°C.

Proses terjadinya asbuton disebabkan oleh proses alam, maka asbuton sangat bervariasi mengandung bitumen. Kadang-kadang asbuton tersebut mengandung cukup banyak aspal tetapi ada pula yang hanya mengandung sedikit aspal. Selain itu sifat asbuton sangat dipengaruhi oleh sifat porositas partikel, kondisi cuaca, kelembaban dan faktor sekelilingnya. Hal ini menyebabkan kadar air dalam asbuton sangat bervariasi pula terutama dipengaruhi oleh curah hujan. Pada umumnya kadar air yang terkandung di dalam partikel asbuton berkisar antara 2% - 5%.

Gradasi mineral asbuton hasil ekstraksi, digolongkan dalam kelompok agregat halus sampai dengan filler, dengan spesifikasi 99% lolos saringan No. 4 (CP. Corne, 1987). Gradasi partikel asbuton yang diperdagangkan adalah 98,7% – 100% lolos saringan 1" (25,4 mm).

Ukuran mineral dalam asbuton pada umumnya dibagi dalam tiga jenis :

1. Kapur mengandung aspal (Rock-asphalt) dan berukuran debu, (lewat saringan No. 200) dan berukuran pasir halus, (lewat saringan antara No. 8 – No. 200).
2. Sandy Asphalt Rock, berukuran debu mineral, pasir halus dan pasir kasar.
3. Conglomerat Asphalt Rock berukuran debu mineral, pasir kasar dan kerikil.

Asbuton selain berfungsi sebagai bahan pengikat juga berfungsi sebagai bahan pengisi (filler), dikarenakan adanya mineral yang terkandung didalamnya (Dalimin, 1980).

jenis HRA biasanya digunakan untuk lapis perkerasan non struktural, ini disebabkan karena ketahanan terhadap deformasi yang rendah dari HRA.

Suatu perkerasan yang baik harus memenuhi faktor-faktor sebagai berikut :

1. Stabilitas (Stability)

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas. Stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar batuan (internal friction) dan kohesi. Gesekan internal tergantung dari tekstur permukaan gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan jumlah aspal.

2. Keawetan/daya tahan (Durability)

Durabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan dari pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Nilai durabilitas dapat dipertinggi dengan menambah kadar aspal, gradasi yang rapat, dan pemadatan yang baik.

3. Kelenturan (Fleksibility)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menyesuaikan diri dengan lendutan atau perubahan bentuk pada lapis pondasi (base) dan tanah dasar (subgrade) tanpa mengalami keretakan. Nilai fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi dan campuran bergradasi timpang.

4. Kekesatan/tahanan gesek (Skid Resistance)

Kekesatan adalah kemampuan lapisan permukaan pada lapisan perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan. Permukaan lapisan

perkerasan yang kasar mempunyai tahanan gesek yang lebih baik dari permukaan yang halus.

5. Ketahanan kelelahan (Fatigue Resistance)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan lapisan perkerasan dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (rutting) dan retak (cracking). Kadar aspal yang rendah akan menyebabkan lapisan perkerasan cepat mengalami kelelahan (fatigue).

6. Kemudahan pengerjaan (Workability)

Kemudahan pengerjaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Workabilitas sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat, temperatur campuran, dan kandungan bahan pengisi filler.

7. Kekedapan terhadap air (Impermeability)

Kekedapan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mencegah masuknya udara dan air ke dalam lapis perkerasan. Lapisan perkerasan yang kurang kedap air dan udara mengakibatkan aspal mudah teroksidasi sehingga mengurangi daya lekat aspal.

2.3. Bahan Peremaja

Bahan peremaja adalah bahan cair berupa minyak yang ditambahkan pada asbuton yang berguna untuk melunakkan bitumen asbuton, agar bitumen dalam asbuton dapat berfungsi sebagai bahan perekat. Pelunakkan ini diperlukan karena

asbuton keras seperti batu dan mempunyai banyak rongga/porous, sehingga dapat dengan mudah diresapi cairan flux asbuton (Dalimin, 1980).

Fungsi bahan peremaja adalah sebagai berikut ini.

- a. Menggerakkan bitumen murni yang ada di dalam asbuton oleh aksi pelarut secepat mungkin.
- b. Mengubah komposisi bitumen asbuton yang ada supaya kombinasi bitumen asbuton dan modifier terhadap ketahanan, viskositas, dan stabilitas menjadi optimum.
- c. Mendapatkan bitumen bebas yang cukup untuk memastikan pelapisan awal dari seluruh agregat dan pasir tambahan.
- d. Mendapatkan bitumen tambahan untuk mengganti setiap pengurangan jumlah kadar bitumen efektif dari lasbutag pada batasan perencanaan yang diijinkan.
- e. Mengubah viskositas dari jumlah bitumen bebas dalam lasbutag, sampai dengan batas optimum untuk pencampuran dan pematatan

Bahan peremaja ini antara lain :

1. Flux oil.
2. Bunker oil (minyak bakar).
3. Campuran solar dan AC.
4. AC, Slow Curing 70 (SC 70).
5. Flux butas buatan.

Bahan peremaja yang sampai saat ini digunakan adalah Bunker Flux Oil (BFO), Flux Oil (FO) yaitu sisa residu pengilangan minyak bumi yang mengandung minyak berat.

Jumlah berat bahan pelunak yang dibutuhkan sebanyak 3% - 5% berat asbuton kering (Suprpto Tm, 1994). Menurut Bina Marga (Latasbum No. 11/PT/B/1993, jumlah bahan pelunak didalam campuran ditentukan berdasarkan nilai penetrasi bitumen (40-50), untuk mencapai nilai penetrasi tersebut penambahan bahan pelunak adalah :

- 25 % terhadap kadar bitumen untuk B-16,
- 15 % terhadap kadar bitumen untuk B-20).

2.4. Perencanaan Campuran Secara Dingin (Cold Mix)

Pada pembuatan campuran yang menggunakan asbuton sebagai bahan pengikat, dikenal ada 3 cara yang umum dilakukan, yaitu :

1. Cara panas (Hot mix).

Aspal dipanasi terlebih dahulu agar menjadi lebih encer, sehingga mudah diaduk merata dengan batu-batuannya. Agar selama aspal dicampur dengan batu-batuannya temperatur tidak turun, maka batu-batuannya juga dipanaskan terlebih dahulu. Temperatur pemanasan ini tidak boleh lebih dari 325° F atau 163° C, sebab aspal akan terbakar atau menjadi kering/keras. Temperatur minimum diambil 280° F atau 140° C.

2. Cara dingin (Cold mix).

Pada cara dingin, untuk mengencerkan aspal dipakai minyak pengencer yang langsung dicampurkan pada aspal. Cara lain untuk mendapatkan aspal yang encer agar mudah diaduk adalah dengan membuat emulsi aspal. Cara dingin ini

lebih praktis dan murah, tetapi pada umumnya memiliki mutu yang lebih rendah bila dibandingkan dengan cara panas (hot mix), karena :

- butir-butir batuan belum tentu kering benar,
- homogenitas campuran kalah dengan cara panas (hot mix),
- kepadatan permulaan setelah diwalls masih terlalu rendah bila dibandingkan dengan cara panas.

Namun demikian, kekurangan tersebut sangat tergantung kepada :

- ketaatan kepada spesifikasi,
- alat yang dipergunakan,
- kemampuan pelaksana.

3. Cara setengah panas (semi hot mix).

Pelaksanaan cara semi hot mix ini adalah sebagai berikut :

Tahap ke I : aspal dengan fraksi III dan IV (pasir halus dan debu) dicampur dulu secara panas, sehingga didapat spesi aspal.

Tahap ke II : pencampuran antara spesi aspal dengan fraksi I dan II (kerikil/split dan pasir kasar) cukup dicampur dengan pasir dingin.

Campuran aspal dengan menggunakan sistem ini memiliki mutu sedikit di bawah sistem hot mix tetapi jauh diatas sistem cold mix, karena homogenitas campuran lebih sempurna dibandingkan dengan sistem cold mix (Sudarsono, 1976).

2.5. Flux Butas Buatan

Flux butas merupakan salah satu bahan peremaja untuk aspal buton. Flux butas (biasa disebut juga flux-oil) terdiri dari :

1. minyak berat (olie berat) diperlukan untuk meremajakan aspal,
2. minyak ringan (minyak yang mudah menguap) diperlukan untuk,
 - a. membawa/menyebarluaskan minyak berat tersebut agar tersebar merata ke seluruh butir butas, dan
 - b. untuk menarik sebagian aspal dari butas dan kemudian diberikan kepada batu-batuannya, agar tiap butir batu mempunyai selaput aspal sehingga memudahkan pemadatan.
3. Kadang-kadang tercampur atau sengaja dicampurkan AC, sedangkan tambahan AC pada prinsipnya tidak diperlukan (Sudarsono, 1976).

Pada flux butas buatan dapat dibuat sendiri dengan material sebagai berikut :

- minyak berat dipakai olie bekas.
- minyak ringan dipakai minyak tanah/kerosin atau solar.

Beberapa contoh flux butas buatan (sendiri) yang bisa dipergunakan, yaitu :

1. Kerosin + oli (kerol).
2. Solar + oli (solol).
3. Flux + aspal (fluxas).

Beberapa jenis peremaja yang telah dicoba di laboratorium Puslitbang Jalan antara lain jenis peremaja modifikasi, yaitu campuran minyak tanah dengan BFO, premium dengan BFO, diesel fuel oil dengan BFO, bahkan telah dicoba juga menggunakan minyak kelapa dan minyak mesin (Dairi, 1991). Penelitian yang dilakukan Ulupi, dkk, akan pelunak modifikasi lain untuk mendapatkan nilai penetrasi 100 adalah sebagai berikut :

1. 5 % Premium + 14 % BFO + 81 % Bitumen Asbuton,

2. 5,5 % Minyak tanah + 15,5 % BFO + 79 % Bitumen Asbuton,
3. 6,25 % Diesel fuel oil + 16,25 % BFO + 77,5 % Bitumen Asbuton.

Penelitian lain yang dilakukan Fadhilatunnisak, dengan mencoba premium, solar dan minyak tanah sebagai flux butas buatan menghasilkan sifat-sifat Marshall yang paling baik pada bitumen asbuton yang menggunakan bahan peremaja solar.

2.6. Lama pemeraman

Flux-oil yang telah dicampurkan ke dalam butas perlu diberi kesempatan untuk meresap ke dalam split butas. Waktu yang diperlukan untuk meresap ini berlainan tergantung minyak ringan yang dipakai dalam flux.

Minyak ringan bersifat agresif sehingga mudah meresap ke dalam butas, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk bekerja/meresap ini disebut waktu pemeraman (Sudarsono, 1976).

Lamanya waktu pemeraman sangat dipengaruhi oleh ukuran butiran asbuton. Semakin kecil ukuran butiran asbuton maka semakin cepat bahan peremaja untuk meresap ke dalamnya dan melepaskan bitumen aktifnya. Tetapi, proses pelepasan bitumen dalam asbuton pada lama pemeraman tertentu akan terhenti dimana kemampuan untuk proses peremajaan sudah tidak ada.

2.7. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainnya yang diperoleh dari alam atau dari hasil pengolahan. Agregat merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan, yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan

prosentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan prosentase volume. Sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain ini sangat menentukan daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan (Sukirman, 1992).

Menurut asalnya, agregat dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Agregat alam, umumnya berbentuk bulat.
2. Agregat dengan pengolahan, berbentuk angular (bersudut).
3. Agregat buatan.

Agregat yang digunakan umumnya diklasifikasikan berdasarkan ukurannya yang terdiri dari 4 fraksi yaitu :

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8.
2. Agregat halus, yaitu batuan yang lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 30.
3. Mineral pengisi, yaitu batuan yang lolos saringan no. 30 dan tertahan di saringan no. 200.
4. Filler, yaitu fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke badan jalan, supaya tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar dari daya dukung tanah dasar yang diijinkan.

Perkerasan jalan diklasifikasikan menjadi rigid atau flexible, berdasarkan bagaimana perkerasan tersebut menyebarkan beban lalu lintas yang diterimanya.

1. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement), menggunakan lapisan plat beton dengan bahan pengikat semen portland, yang berperilaku sebagai balok dan menyebarkan beban roda secara merata sepanjang daerah plat beton.
2. Perkerasan Lentur (Flexible Pavement), termasuk aspal beton, batu pecah yang distabilisasi atau dipadatkan, atau batu pecah saja, mendistribusikan beban melalui daerah berbentuk kerucut di bawah roda yang akan mengurangi tegangan dengan semakin dalamnya lapisan.

Komponen utama dari suatu konstruksi perkerasan jalan adalah :

1. Pavement (perkerasan) yang terdiri dari :
 - lapis permukaan (surface course),

- lapis pondasi (base course),
 - lapis pondasi bawah (sub base course).
2. Subgrade (tanah dasar) yang terdiri dari :
- Tanah yang dipadatkan (compacted subgrade),
 - Tanah asli (natural subgrade).

Fungsi dari perkerasan lentur ini :

1. memberikan permukaan yang rata dan tidak licin.
2. sebagai lapis aus.
3. sebagai lapis kedap air yang melindungi badan jalan dari air hujan.
4. menahan gaya geser dari beban roda kendaraan.
5. sebagai lapis permukaan yang harus dapat menahan gaya hisap kendaraan.

3.2. Bahan Penyusun

Bahan utama dari struktur perkerasan jalan adalah agregat dan aspal. Pada konstruksi HRA, pemakaian agregat sekitar 87% - 94%, sedangkan aspalnya 6% - 13% dari berat total campuran.

3.2.1. Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa ukuran besar maupun berupa fragmen-fragmen. Agregat dapat berupa batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya baik dari hasil alam maupun dari hasil pengolahan.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor, yaitu :

1. Ukuran dan gradasi.

Gradasi adalah distribusi ukuran butir agregat yang dapat diketahui dengan tes analisa saringan yang terdiri dari 1 set saringan, dimana saringan paling kasar diletakkan paling atas dan yang paling halus diletakkan di bawah.

Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Gradasi Seragam (uniform graded) adalah gradasi dengan ukuran butiran yang hampir sama yang akan membentuk susunan dengan volume rongga yang besar, sehingga disebut juga agregat bergradasi terbuka (open graded).
2. Gradasi Rapat (dense graded) adalah gradasi dengan ukuran butir dari yang kasar sampai yang halus mempunyai komposisi yang seimbang. Gradasi menerus ini menghasilkan susunan yang rapat (volume rongga antar butir kecil) sehingga disebut dengan gradasi rapat atau bergradasi baik (well graded). Agregat bergradasi menerus akan menghasilkan perkerasan dengan stabilitas tinggi.
3. Gradasi Buruk (poorly graded) adalah gradasi yang ukuran butirnya tidak memenuhi salah satu kategori di atas, sering disebut juga gradasi senjang atau gradasi celah (gap graded).

2. Kekuatan terhadap keausan.

Agregat yang digunakan dalam perkerasan jalan harus mempunyai kekerasan tertentu agar tidak mudah pecah. Agregat sebelum digunakan pada perkerasan jalan dilakukan uji keausan, yaitu dengan uji Los Angeles berdasarkan AASTHO T 96-77. Nilai abrasi yang diijinkan untuk bahan perkerasan jalan maksimum 40%.

3. Kelekatan terhadap aspal.

Kelekatan agregat terhadap aspal dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat yaitu :

a. Sifat mekanis, tergantung dari :

1. pori-pori dan absorpsi,
2. bentuk dan tekstur permukaan, dan
3. ukuran butiran.

b. Sifat kimiawi agregat.

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan dengan aspal yang lebih baik daripada agregat dengan permukaan yang halus. Kelekatan agregat terhadap aspal juga dipengaruhi oleh sifat agregat dengan air. Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan aspal dengan agregat baik. Apabila agregat mempunyai banyak pori, maka akan mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap ke dalam agregat.

4. Bentuk butiran.

Bentuk butiran agregat bersudut seperti kubus (equidimensional) mempunyai gesekan dalam (internal friction) yang tinggi dan bersifat saling mengunci sehingga menghasilkan kestabilan konstruksi perkerasan yang tinggi pula. Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (stone crusher) yang mempunyai bidang kontak cukup luas.

5. Porositas

Nilai porositas yang tinggi menyebabkan jumlah aspal yang diserap agregat menjadi banyak, tetapi agregat harus mempunyai nilai porositas tertentu agar terjadi ikatan yang kuat antara agregat dengan aspal.

6. Tekstur permukaan

Permukaan yang kasar akan menimbulkan tahanan terhadap stripping yang lebih baik bila dibandingkan dengan permukaan yang halus.

7. Kebersihan dan sifat kimia

Agregat tidak boleh mengandung bahan yang mudah lepas seperti lempung, lanau kalsium karbonat yang melebihi batasan tertentu karena akan mengurangi daya lekat dengan aspal. Pemeriksaan untuk agregat halus yaitu dengan uji Sand Equivalent.

Gradasi yang digunakan pada campuran dengan menggunakan asbuton B-20 harus memenuhi syarat-syarat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Persyaratan gradasi agregat dengan flux asbuton

Saringan (mm/inch)	Persen lolos	
	Tipe A	Tipe B
25,4 (1")	100	-
19,0 ($\frac{3}{4}$ "	80 - 100	100
9,5 ($\frac{3}{8}$ "	41 - 71	65 - 91
4,76 (no. 4)	17 - 47	30 - 61
2,38 (no. 8)	4 - 31	12 - 39
0,595 (no. 30)	0 - 11	0 - 14
0,297 (no. 50)	0 - 5	0 - 5
0.074 (no. 200)	0 - 3	0 - 4

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

Untuk agregat kasar bisa digunakan batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering dan harus memenuhi persyaratan Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Persyaratan agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Syarat
Kcausan dengan mesin Los Angeles	%	Maks 40
Kelekatan terhadap aspal	%	> 95
Penyerapan air	%	Maks 3
Berat jenis semu	-	Min 2,5

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

Sedangkan agregat halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam, dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan lainnya yang tidak dikehendaki. Untuk agregat halus harus memenuhi syarat-syarat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Persyaratan agregat halus

Pengujian	Satuan	Syarat
Sand Equivalent	%	Min 50
Penyerapan air	%	Maks 3
Berat jenis semu	-	Min 2,5

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

3.2.2. Asbuton

Asbuton adalah aspal alam yang dapat digunakan sebagai bahan perekat, dimana asbuton dapat menggantikan pemakaian aspal minyak pada suatu perkerasan jalan. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna hitam gelap atau hitam pekat yang tersusun dari asphaltenes dan maltenes yang akan berubah viskositasnya bila mengalami perubahan temperatur. Persyaratan mengenai asbuton B-20 dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4. Persyaratan Asbuton B-20

Pengujian	Satuan	Syarat
Ekstraksi (kadar aspal)	%	17,5 - 22,5
Gradasi setelah ekstraksi	mm	lolos saringan # 4
Ukuran butir maksimal	mm	12,7
Berat jenis semu	-	1,2 - 2

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

3.2.3. Filler

Filler adalah material berbutir halus yang lolos saringan no. 200 dan dipakai sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal beton. Filler ini dapat diperoleh dari debu abu batu/agregat yang disaring secara terus-menerus. Pada campuran dengan menggunakan asbuton, mineral dari asbuton dapat dianggap sebagai filler.

3.2.4. Flux Butas Buatan

Flux Butas ini berguna untuk mengeluarkan bitumen dari asbuton. Flux butas buatan ini harus memenuhi syarat-syarat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Persyaratan flux butas buatan

Sifat-sifat	Min	Max	Satuan
Viscositas cinematic pada 100 ⁰ F	-	300	C.St.
Berat jenis pada 25 ⁰ C	0,9	-	-
Sisa Destilasi pada 360 ⁰ C	70	-	% isi semula
Titik Nyala (cleveland open cup)	100	-	⁰ C
Kadar air	-	2	% berat

Sumber : Lasbutag, No. 09/PT/B/1983

3.3. Perencanaan Campuran Secara Dingin (Cold Mix)

Untuk mendapatkan suatu lapis perkerasan yang baik, maka campuran antara batuan dan aspal harus benar-benar merata. Karena itu, pada campuran secara dingin aspal yang digunakan harus memiliki keenceran yang cukup hingga memungkinkan aspal dapat merata menyelimuti batuan. Pada campuran HRA dengan bahan ikat asbuton, pelunakan asbuton dilakukan dengan cara mencampur asbuton dengan bahan pelunak/peremaja yang menyelimuti seluruh agregat dan asbuton pada kondisi dingin.

Pencampuran asbuton yang telah diremajakan dengan agregat dilakukan secara dingin, artinya pencampuran dilakukan pada suhu ruang (25°C) dan diaduk hingga bahan-bahan tercampur sempurna dan homogen sehingga akan mendapatkan hasil campuran yang dapat berfungsi sesuai spesifikasi teknis yang ditentukan.

3.4. Pemeriksaan Campuran Dengan Metode Marshall

Pengujian Marshall digunakan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelahan (flow), kepadatan (density), persentase rongga dalam campuran (void in the mix /VITM), persentase rongga terisi aspal (void filled with asphalt/VFWA) dari suatu campuran. Nilai-nilai tersebut biasa disebut juga Marshall Properties.

3.4.1. Density (Kepadatan)

Density adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume. Density dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kadar aspal, dan kekentalan aspal. Semakin tinggi kadar aspal dalam campuran, sampai nilai tertentu mampu

meningkatkan nilai densitynya untuk kemudian menurun. Sedangkan pengaruh kekentalan aspal bersifat sebaliknya, yaitu semakin cair aspalnya maka semakin besar nilai density yang dicapai.

Nilai density yang tinggi menunjukkan bahwa campuran kompak dengan sedikit rongga yang ada. Dengan demikian density juga berhubungan dengan porositas campuran, yang akan mempengaruhi durabilitas campuran tersebut.

3.4.2. Void Filled With Asphalt/VFWA (Rongga Terisi Aspal)

VFWA adalah prosentase rongga dalam agregat padat yang terisi aspal. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan VFWA yang terlalu rendah, berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

3.4.3. Void In The Mix/VITM (Rongga Dalam Campuran)

VITM adalah prosentase rongga udara yang ada terhadap volume padat suatu campuran. VITM sama artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang bila kadar aspal campuran bertambah, karena rongga antar agregat akan semakin banyak terisi oleh aspal.

Porositas dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi, energi pemadatan, dan kadar aspal. Porositas harus dikontrol karena berhubungan dengan permeabilitas. Permeabilitas menyangkut rongga-rongga dalam campuran yang saling berhubungan. Permeabilitas campuran memungkinkan pergerakan air, udara atau uap air yang merupakan penyebab terjadinya oksidasi dan dapat memperpendek umur konstruksi.

VITM juga berkaitan dengan proses terjadinya rutting pada perkerasan lentur. Untuk nilai VITM, Bina Marga memberikan batasan antara 4% - 8%.

3.4.4. Stabilitas

Stabilitas dalam terminologi Marshall adalah beban maksimum yang dapat didukung oleh sampel yang diuji pada suhu 140°F dengan kecepatan pembebanan 2 inci/menit.

Stabilitas dalam lingkup teknis berarti kemampuan lapis keras dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi permanen seperti gelombang, alur, ataupun bleeding. Dalam hal ini, stabilitas dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu lingkungan yang tidak tetap, tipe pembebanan, tekanan alat pemadat, dan variabilitas campuran yang dibuat. Untuk nilai stabilitas campuran, Bina Marga memberikan batas minimum 450 kg.

3.4.5. Flow (Kelelehan)

Flow dalam terminologi Marshall adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan mulai menurun. Pengukuran flow bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas Marshall.

Nilai flow dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu kadar aspal dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Nilai flow yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan nilai flow yang rendah mengisyaratkan campuran tersebut

memiliki rongga tak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal dan mengakibatkan terjadinya retak dini serta memiliki durabilitas rendah.

Flow juga mengindikasikan kelenturan/fleksibilitas campuran yang dibuat. Fleksibilitas tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan gradasi senjang/timpang, penggunaan aspal berpenetrasi tinggi, atau kadar aspal yang tinggi. Untuk nilai flow, Bina Marga memberikan batasan antara 3 mm - 5 mm.

BAB IV

HIPOTESIS

Asbuton memerlukan bahan pelunak untuk mengeluarkan kandungan bitumen yang bercampur dengan batuan dan mineral lainnya. Bahan pelunak ini dapat berupa AC, flux-oil, bunker oil, ataupun campuran minyak berat dan minyak ringan.

Pada penelitian ini digunakan asbuton B-20 dengan campuran solar dan oli bekas (SAE W 20-50) sebagai flux butas buatan pada campuran HRA. Prosentasi campuran solar dan oli bekas yang dipakai 9 : 1 dengan lama pemeraman bervariasi yang berlangsung sampai 24 hari. Campuran tersebut diuji menurut standar pengujian Marshall.

Hipotesis dari penelitian ini adalah dengan penggunaan flux butas buatan sebagai bahan peremaja dan lama pemeraman yang berlangsung sampai 24 hari, asbuton dapat dipakai dan memenuhi persyaratan.

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

5.1. Bahan .

5.1.1. Asal Bahan

Bahan/material yang digunakan pada penelitian Asbuton ini berasal dari :

1. Asbuton

Asbuton dipakai tipe B-20 yang berasal dari PT. AMERTA MARGAYASA ASPAL, SURABAYA berupa asbuton alam.

2. Agregat

Agregat batuan berasal dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII, yang diambil dari mesin pemecah batu (stone crusher) PT. Perwita Karya.

3. Bahan Peremaja

Bahan peremaja yang dipakai adalah flux butas buatan (sendiri), yaitu : campuran solar dengan oli bekas (SAE 20-50).

5.1.2. Persyaratan Bahan Penelitian

Persyaratan bahan penelitian harus memenuhi syarat yang mengacu pada peraturan yang dikeluarkan oleh Bina Marga, maupun standar teknis yang dikeluarkan AASHTO dan ASTM. sebagai berikut :

1. Agregat

Agregat yang dipergunakan berupa fraksi batuan yang menurut fraksinya dapat dibagi menjadi agregat kasar dan agregat halus.

A. Agregat kasar yang digunakan bisa merupakan batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran (PB-0206-76) harus mempunyai nilai maksimum 40%.
2. Kelekatan agregat kasar terhadap aspal (AASHTO T-182-82) harus lebih dari 95%.
3. Berat jenis dan penyerapan (PB-0206-76).
4. Analisis saringan agregat (PB-0201-76).

B. Agregat halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam, dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dalam keadaan kering dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Nilai sand equivalent (AASHTO T-176) dari agregat minimum 50%.
2. Analisis saringan agregat (PB-0201-76).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (PB-0206-76).
4. Pemeriksaan kadar air.

2. Bahan Peremaja

Pemeriksaan terhadap bahan peremaja meliputi :

1. Pemeriksaan titik nyala dengan cleveland open cup (PA-0303-76).
2. Pemeriksaan berat jenis (PA-0307-76).
3. Pemeriksaan destilasi (PA-0310-76).
4. Pemeriksaan viskositas (ASTM D-88-56).
5. Pemeriksaan kadar air (PA-0311-76).
6. Pemeriksaan kadar bitumen (ASTM D-243-36).

3. Asbuton

Pemeriksaan terhadap asbuton meliputi :

1. Pemeriksaan kadar bitumen (ASTM D-95-2172-81).
2. Pemeriksaan berat jenis asbuton (ASTM D-95-76).
3. Pemeriksaan saringan butiran asbuton.
4. Pemeriksaan berat jenis mineral asbuton (ASTM D-854-88).

5.2. Peralatan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII. Adapun alat-alat yang diperlukan antara lain :

1. Alat tekan Marshall yang terdiri dari :
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
 - c. Arloji penunjuk kelelahan.

2. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm lengkap dengan alat dan lehernya.
3. Ejector untuk melepas benda uji.
4. Oven.
5. Penumbuk berbentuk silinder, berat 4,536 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
6. Bak perendam (water bath) dilengkapi dengan pengatur suhu.
7. Perlengkapan-perlengkapan lain seperti :
 - a. Panci untuk mencampur dan mengaduk benda uji.
 - b. Termometer kapasitas 420°C dan 170°C.
 - c. Sendok pengaduk.
 - d. Spatula, untuk menusuk-nusuk campuran benda uji.
 - e. Timbangan kapasitas 2 kg dan 5 kg dengan ketelitian 0,1 gr.

5.3. Perencanaan Campuran

Gradasi dan distribusi butir agregat pada campuran HRA direncanakan berdasarkan spesifikasi British Standard Institution 594, 1985, tetapi untuk menyesuaikan dengan kondisi di Indonesia dipakai spesifikasi Marshall Bina Marga (1983), yaitu spesifikasi dalam Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Buton Agregat (Lasbutag, No. 09/PT/B/1983).

Pada penelitian ini menggunakan asbuton dengan spesifikasi lolos saringan no. 8, sedangkan mineral asbuton dianggap menggantikan filler dan agregat tertahan

saringan no. 200. Hal ini dilakukan karena pada campuran ini tidak menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat tetapi murni dari bitumen asbuton yang berhasil diremajakan, sehingga agar tercapai kadar aspal rencana sebesar 6%, proporsi asbuton ditambah dengan memperhitungkan bitumen yang dikandungnya. Bertambahnya proporsi asbuton akan membawa konsekuensi meningkatnya jumlah mineral asbuton yang akan mempengaruhi mutu campuran. Maka untuk mencegah terjadinya over filler pada campuran, mineral asbuton dianggap sebagai pengganti filler dan agregat halus tertahan saringan no. 200.

Syarat gradasi campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Persyaratan gradasi campuran HRA

Ukuran Saringan (inci)	Spesifikasi % lolos Saringan
3/4"	100
1/2"	90-100
3/8"	70-100
1/4"	70-88
#4	70
#8	67-70
#30	55-70
#70	19-46
#200	10-13

Sumber : British Standard Institution 594, 1985

Komposisi bahan penyusun yang dibutuhkan untuk membuat satu benda uji terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan asbuton. Pada penelitian ini kadar bitumen rencana dianggap konstan yaitu sebesar 6%. Karena mineral asbuton dianggap menggantikan filler dan agregat halus tertahan saringan no. 200, maka

diberikan pula perhitungan koreksi pada perencanaan campurannya dengan perbandingan berat jenis dari mineral asbuton dan agregat halus serta fillernya.

Flux butas buatan yang digunakan pada penelitian ini adalah solar + oli bekas SAE 20–50 sebanyak 15% terhadap proporsi asbuton B-20.

5.4. Pelaksanaan Penelitian

5.4.1. Pembuatan Benda Uji

Cara pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Menimbang agregat kasar, agregat halus, filler, asbuton dan bahan peremaja sesuai campuran, masing-masing dalam tempat terpisah.
2. Dimasukkan agregat kasar, agregat halus, dan asbuton ke dalam kantong plastik dengan masing-masing berat sesuai dengan berat tertahan dari analisa saringan.
3. Dimasukkan agregat ke dalam mangkuk lalu diaduk hingga tercampur antara agregat halus dengan agregat kasar, setelah itu tuang flux butas buatan ($\pm 1/3$), kemudian asbuton B-20 ($\pm 1/2$) dan diaduk lagi, selanjutnya dengan cara yang sama untuk sisanya.
4. Pelaksanaan pemeraman dilakukan dengan memasukkan campuran tersebut ke dalam kantong plastik agar flux butas buatan dapat meresap dengan cepat.
5. Pencampuran dilakukan secara dingin yaitu dengan mencampur antara agregat + asbuton B-20 + flux butas buatan, kemudian diaduk sampai

merata hingga keseluruhan agregat diselimuti aspal dan warna campuran menjadi homogen pada suhu ruang.

6. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan (mold) yang sebelumnya telah diberi vaselin agar setelah benda uji dipadatkan dan dikeluarkan dengan bantuan alat ejektor tidak mengalami kesukaran.
7. Campuran dipadatkan dengan hammer dan pedestal dengan jumlah tumbukan 2×50 kali.
8. Briket dilepas dari mold dengan alat ejektor kemudian dilakukan pengujian Marshall.
9. Selanjutnya dilakukan pencampuran dan pengujian agregat dengan asbuton yang telah diperam selama 8 hari, 12 hari, 16 hari, 20 hari, dan 24 hari seperti cara-cara di atas.

5.4.2. Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan pada setiap benda uji untuk mengetahui sifat-sifat campuran dengan cara sebagai berikut :

- a) Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel kemudian diberi kode, tingginya diukur pada tiga tempat yang berbeda kemudian dirata-rata dengan ketelitian 0,1 mm, setelah itu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum direndam.
- b) Benda uji direndam dalam air selama 20 - 24 jam agar jenuh air, lalu ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat isi.

- c) Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dikeringkan dengan kain pada permukaannya, kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh untuk mendapatkan berat jenuh.
- d) Benda uji dimasukkan ke dalam water bath pada suhu 60°C selama 30 menit.
- e) Kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan vaselin atau oli untuk memudahkan mengeluarkan benda uji.
- f) Benda uji dikeluarkan dari water bath segera diletakkan pada segmen bawah kepala penahan. Segmen atas kepala penekan dimasukkan pada batang penuntun, kemudian kepala penekan diletakkan diatas mesin penguji.
- g) Arloji kelelahan (flow meter) dipasang pada dudukan di atas salah satu batang penuntun.
- h) Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan arloji tekan pada angka nol.
- i) Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca jarum arloji kelelahan.
- j) Setelah pembebanan selesai, segmen atas diangkat, dan benda uji diambil dari kepala penekan. Sampai tahap ini, berarti pengujian marshall selesai.

5.5. Analisis Hasil percobaan

Setelah dilakukan pengujian, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Analisis yang dilakukan adalah stabilitas, kelelahan plastis, banyaknya rongga campuran yang terisi aspal (VFWA), banyaknya rongga udara dalam campuran asbuton agregat (VITM).

Untuk mengetahui Marshall Properties dibutuhkan data-data dari percobaan laboratorium yaitu :

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

Selain data di atas, diperlukan pula data lainnya, yaitu :

1. Berat Jenis Bitumen = (berat/volume), dengan cara :
 - a. Berat jenis bitumen asbuton, dengan rumus :

$$B_j \text{ Asbuton} = \frac{100}{\frac{A}{CI} + \frac{B}{CII}}$$

dengan : A = persentase mineral asbuton.

B = persentase bitumen asbuton.

CI = berat jenis mineral asbuton

CII = berat jenis bitumen asbuton.

- b. Berat jenis bitumen bahan peremaja (D-243-36), diperoleh dengan cara melakukan destilasi dan penguapan terhadap benda uji (bahan peremaja).
- c. Berat jenis bitumen/aspal yang merupakan gabungan dari bj bitumen asbuton dan bj bitumen bahan peremaja, dengan rumus :

$$BJ \text{ aspal} = \frac{100}{\frac{E}{CII} + \frac{F}{D}}$$

dengan : E = persentase bitumen asbuton dalam campuran.

F = persentase bitumen bahan peremaja dalam campuran.

CII = berat jenis bitumen asbuton.

D = berat jenis bitumen bahan peremaja.

2. Berat jenis agregat, merupakan hasil gabungan dari berat jenis agregat kasar dan halus dengan rumus sebagai berikut :

$$BJ \text{ agregat} = \frac{(XxFI) + (YxFII)}{100}$$

dengan : X = persentase agregat kasar.

Y = persentase agregat halus.

FI = berat jenis agregat kasar.

FII = berat jenis agregat halus.

Sedangkan rumus-rumus untuk Marshall Properties adalah sebagai berikut:

1. VITM (prosentase rongga dalam campuran)

- a. Dihitung % aspal terhadap campuran dengan rumus :

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

dengan : a = persentase aspal terhadap batuan.

b = persentase aspal terhadap campuran.

b. Dihitung volume benda uji dengan rumus :

$$f = d - e$$

dengan : d = berat dalam keadaan jenuh (gram).

e = berat dalam air (gram).

f = volume (ml).

c. Dihitung berat isi benda uji dengan rumus :

$$g = c / f$$

dengan : c = berat benda uji sebelum direndam (gram).

f = volume benda uji (ml).

g = berat isi benda uji (gr/ml).

d. Dihitung % rongga terhadap agregat dalam rumus :

$$l = 100 - j$$

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

l = persentase rongga terhadap agregat

e. Dihitung berat jenis maksimum teoritis dengan rumus :

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

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

2. VFWA (prosentase rongga campuran terisi aspal)

$$VFWA = 100 \times (i/l)$$

$$\text{dengan : } i = b.x \frac{g}{BJ \text{ aspal}}$$

3. Stabilitas

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan Marshall. Angka stabilitas ini kemudian dikonversi dalam satuan kg atau lbs memakai tabel korelasi yang ada. Hasilnya masih harus dikalikan dengan angka koreksi ketebalan (tinggi) benda uji.

4. Kelelehan (flow)

Dalam tabel perhitungan notasi flow yang digunakan adalah r, yang dibaca dari arloji kelelehan, yang menyatakan deformasi plastis yang terjadi pada benda uji dalam satuan 0,01 mm.

5. Marshall Quotient

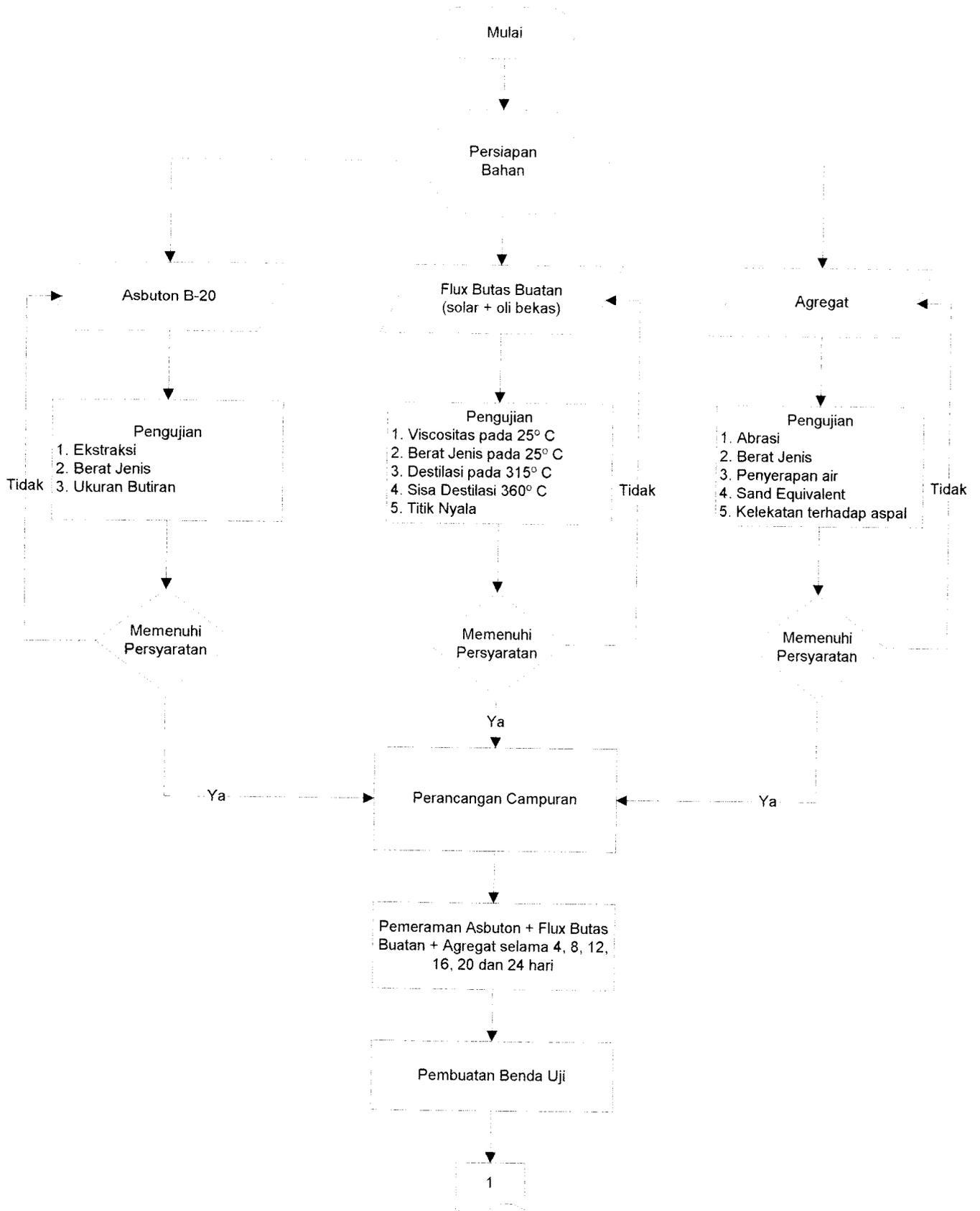
Marshall Quotient dapat diperoleh dengan rumus :

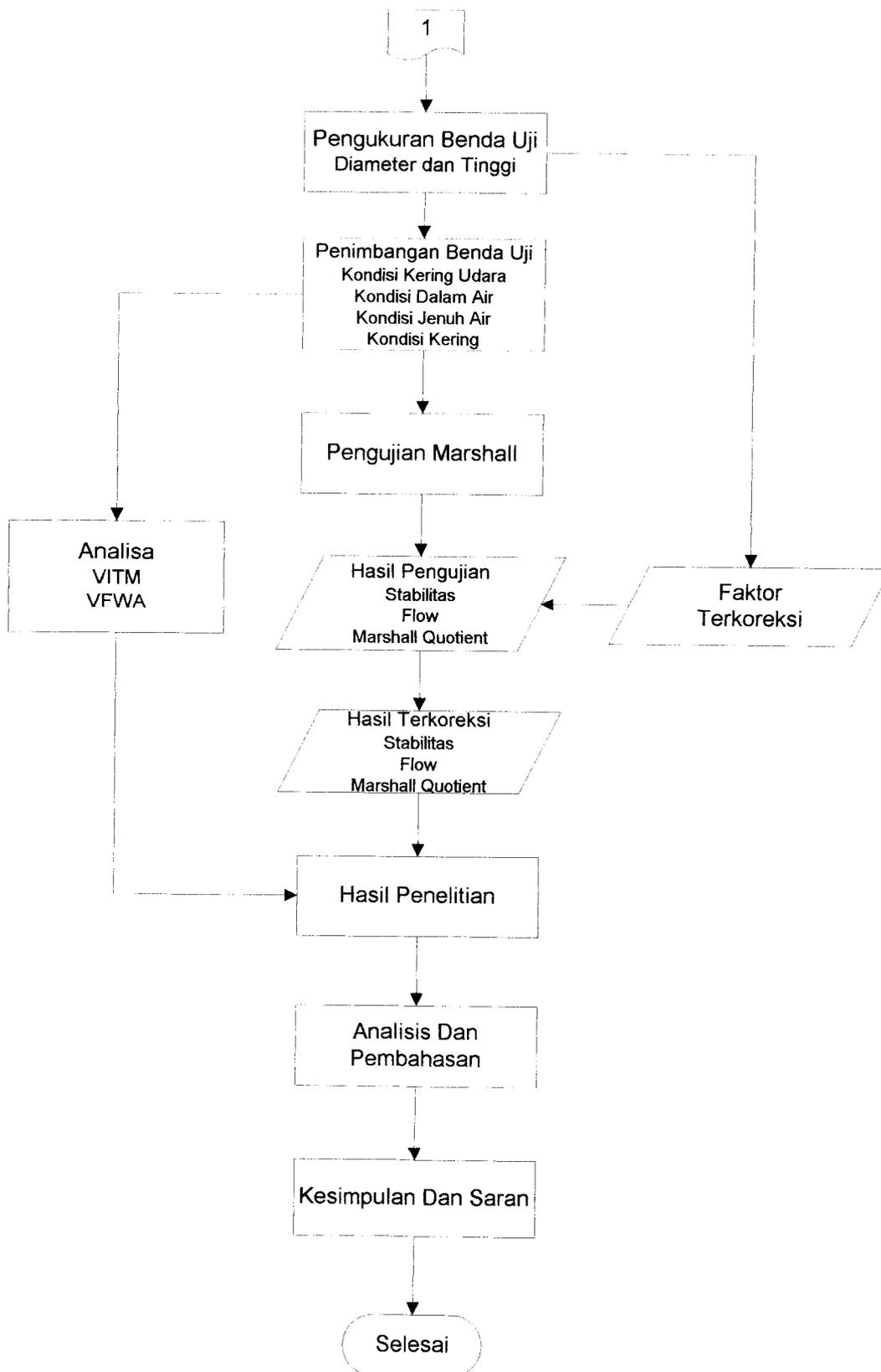
$$QM = S / r$$

dengan : S = nilai stabilitas (kg)

r = nilai kelelehan (mm)

QM = nilai Marshall Quotient (kg/mm)





Gambar 5.1 Bagan alir penelitian campuran HMA dengan bahan ikat Asphalt B-20 dan peremaja Flux Butas Buatan

BAB VI

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan yang akan digunakan. Hasil pemeriksaan tersebut harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Hasil dari pemeriksaan bahan yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 6.1, 6.2, 6.3 dan 6.6.

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil	Syarat
1.	Keausan dengan mesin Los Angeles	39,09 %	< 40 %
2.	Penyerapan air	2,888 %	< 3 %
3.	Berat jenis	2,515	> 2,5

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.

Tabel 6.2. Hasil pemeriksaan Agregat Halus dan Filler

No	Pengujian	Hasil	Syarat
1.	Nilai Sand Equivalent	74,59 %	> 50 %
2.	Penyerapan air	2,881 %	< 3 %
3.	Berat jenis Agregat Halus	2,928	> 2,5
4.	Berat jenis Filler	2,521	> 2,5

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.

Tabel 6.3. Hasil pemeriksaan Asbuton

No	Pengujian	Hasil
1.	Kadar bitumen asbuton	21,69 % (B-20)
2.	Kadar mineral asbuton	78,31 %
3.	Berat jenis bitumen asbuton	1,022
4.	Berat jenis mineral asbuton	1,1252

Sumber : pemeriksaan di lab teknik transportasi UGM.

Tabel 6.4. Analisa Saringan Agregat HRA

No Saringan		Berat tertahan (gr)		Jumlah persen (%)		Spesifikasi lolos	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
19,1	3/4"	0	0	0	100	-	100
14	1/2"	60	60	5	95	80	100
10	3/8"	120	180	15	85	70	100
6,3	1/4"	72	252	21	79	70	88
4,76	#4	108	360	30	70	-	70
2,36	#8	30	390	32,5	68,5	67	70
0,6	#30	60	450	37,5	62,5	55	70
0,212	#70	360	810	67,5	32,5	19	46
0,075	#200	252	1062	88,5	11,5	10	13
Pan		138	1200	100	0		

Sumber : BSI 594, 1985



Pada penelitian ini, dikarenakan sebagai bahan ikat seluruhnya menggunakan bitumen asbuton, maka prosentasi asbuton di dalam campuran ditambahkan sehingga tercapai kadar bitumen rencana sebesar 6%. Penambahan ini mengakibatkan terjadi penambahan proporsi filler dan agregat halus pada campuran. Agar tidak terjadi campuran yang berlebihan jumlah filler dan agregat halusnya, maka filler dan agregat halus tertahan saringan #200 digantikan dengan mineral dari asbuton.

Tabel 6.5. Analisa Saringan Agregat HRA setelah dikoreksi

No Saringan		Berat tertahan (gr)		Jumlah persen (%)		Spesifikasi lolos	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	Min	Max
19,1	3/4"	0	0	0	100	100	100
14	1/2"	60	60	6,5	93,5	80	100
10	3/8"	120	180	19,6	80,4	70	100
6,3	1/4"	72	252	27,4	72,6	70	88
4,76	#4	108	360	39,2	60,8	-	70
2,36	#8	30	390	42,5	57,5	67	70
0,6	#30	60	450	49	51	55	70
0,212	#70	255	705	76,8	23,2	19	46
0,075	#200	134	839	91,4	8,6	10	13
Pan		79	918	100	0		

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.

Dengan adanya penggantian material diatas, maka diperhitungkan pula koreksi mineral asbuton terhadap material yang tergantikan tersebut menggunakan perbandingan berat jenisnya. Sehingga berat total untuk satu benda uji tidak

mencapai 1200 gr tetapi volumenya setara dengan material sebelum digantikan. Prosentase yang didapat yaitu sebesar 332,426 gr/sampel.

Flux Butas buatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari solar + oli bekas SAE W 20-50 dengan perbandingan 9 : 1. Untuk setiap benda uji dipakai flux butas buatan sebanyak 15% dari proporsi asbutonnya yaitu sebanyak 49,86 gr.

Tabel 6.6. Hasil pemeriksaan Flux Butas Buatan

No	Pengujian	Hasil	Syarat
1.	Viscositas cinematic pada 100 ⁰ F	54,59 C.St.	< 300 C.St.
2.	Berat jenis pada 25 ⁰ C	0,908	> 0,9
3.	Sisa Destilasi pada 360 ⁰ C	71,64%	> 70%
4.	Titik Nyala (cleveland open cup)	107 ⁰ C	> 100 ⁰ C
5.	Kadar air	1,825% berat	< 2% berat

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.

Tabel 6.7. Hasil test Marshall campuran agregat dan asbuton dengan flux butas buatan

Lama pemeraman	Density (gr/cc)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
4 hari	1,861	74,911	6,729	120,539	3,979	32,302
8 hari	1,876	78,949	5,945	154,738	3,471	44,576
12 hari	1,884	81,759	5,545	176,415	3,556	49,611
16 hari	1,864	75,497	6,556	196,012	3,217	60,924
20 hari	1,855	73,007	7,003	198,777	2,879	69,052
24 hari	1,865	75,513	6,535	187,522	3,471	54,020

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.

6.2. Pembahasan

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pemeraman asbuton maka akan berpengaruh terhadap sifat-sifat marshalnya. Hal ini menunjukkan, bitumen aktif yang berhasil dikeluarkan semakin bertambah sejalan dengan semakin lamanya waktu pemeraman. Bitumen aktif ini akan mencapai nilai maksimum dan kemudian akan konstan dikarenakan flux butas sudah terserap seluruhnya oleh butiran asbuton.

Pada penelitian ini, campuran HRA yang dihasilkan memiliki perilaku yang sedikit berbeda/menyimpang dari campuran yang menggunakan bahan ikat aspal minyak. Hasil-hasil pengujian test marshall pada penelitian ini, selanjutnya dibandingkan dengan persyaratan campuran HRA yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga. Persyaratan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Persyaratan Marshall test untuk HRA

No	Jenis Pemeriksaan	Minimum	Maksimum
1	Stabilitas	450 kg	750 kg
2	Kelelehan	3 mm	5 mm
3	VITM (% rongga dalam campuran)	4 %	8 %
4	Marshall Quotient	150 kg/mm	300 kg/mm

Sumber : Lataston No 12/PT/B/1983

Kendala yang timbul pada campuran yang menggunakan asbuton sebagai bahan ikat adalah berbedanya perilaku pada campuran yang sama apabila

menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Hal ini dikarenakan pada aspal minyak seluruhnya adalah bitumen aktif. Sedangkan pada aspal buton bitumennya harus diremajakan/dilunakkan terlebih dahulu agar dapat berfungsi sebagai bahan ikat.

Berikut ini akan dibahas bagaimana hubungan dari masing-masing kondisi tersebut.

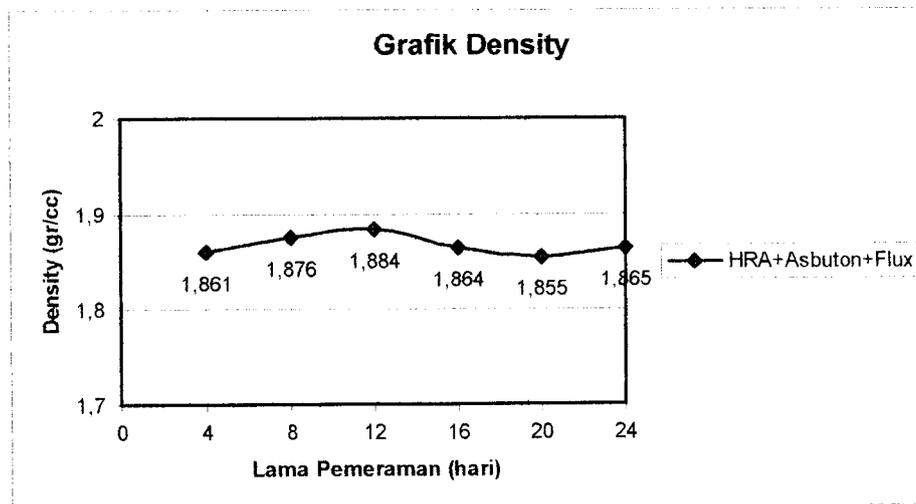
6.2.1. Tinjauan Terhadap Kepadatan (Density)

Nilai kepadatan campuran (Density) menunjukkan derajat kepadatan campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang mempunyai density tinggi memiliki kemampuan menahan beban yang tinggi. Hal ini dikarenakan agregat mempunyai bidang kontak yang besar sehingga gaya gesek (friction) antar agregat menjadi besar pula.

Tabel 6.9. Nilai Density pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	Density (gr/cc)
1	4 hari	1,861
2	8 hari	1,876
3	12 hari	1,884
4	16 hari	1,864
5	20 hari	1,855
6	24 hari	1,865

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.1. Hubungan Lama pemeraman dengan Density

Dari gambar 6.1. terlihat bahwa nilai density mengalami kenaikan dan mencapai maksimum pada pemeraman hari ke-12. Pada pemeraman hari-hari berikutnya nilai density mengalami penurunan walaupun tidak mengalami perubahan yang cukup besar.

Pada penelitian ini nilai density maksimum sebesar 1,884 gr/cc yang terjadi pada pemeraman hari ke-12. Nilai ini cukup rendah apabila dibandingkan dengan campuran HRA normal yang mempunyai nilai density antara 2,2 gr/cc-2,3 gr/cc. Hal ini bisa disebabkan oleh kualitas agregat yang kurang baik, dan cara pemadatan yang dilakukan dengan cara dingin karena nilai density dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatan campuran.

Nilai density juga mempengaruhi impermeabilitasnya. Campuran yang memiliki impermeabilitas tinggi akan berpengaruh pula pada durabilitasnya. Hal ini dikarenakan aspal tidak mudah teroksidasi sehingga material tidak mudah terlepas.

6.2.2. Tinjauan terhadap VFWA (Void Filled With Asphalt)

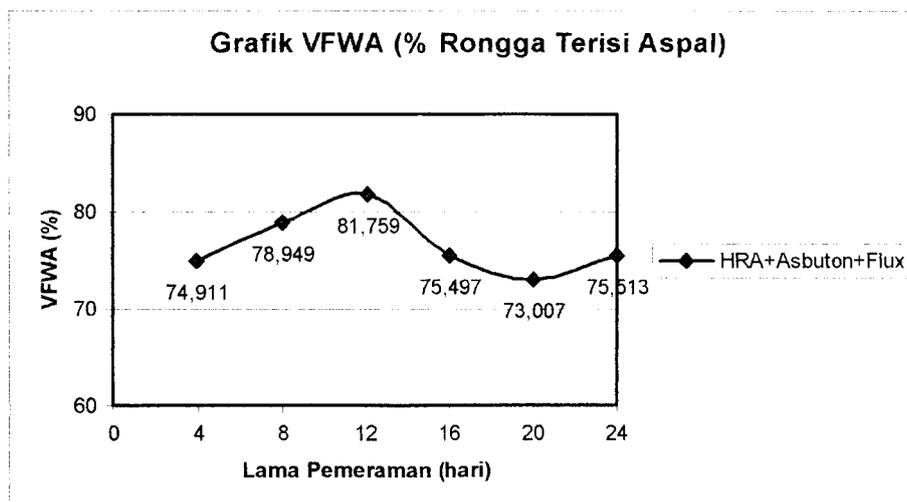
Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga dalam campuran agregat yang terisi aspal. Nilai VFWA berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan dan nilai ini dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan. Semakin besar nilai VFWA menunjukkan semakin tingginya kadar aspal pada campuran tersebut.

Jika kadar aspal terlalu banyak, maka rongga udara yang tersisa semakin kecil. Saat perkerasan menerima beban lalu lintas yang berulang, menyebabkan terjadinya pemadatan kembali. Jika pemadatan akibat beban tersebut ditambah dengan suhu perkerasan yang relatif tinggi, maka kekentalan aspal menjadi turun. Hal tersebut menyebabkan VFWA menjadi besar dan akan berakibat perkerasan tersebut mengalami bleeding. Sebaliknya bila VFWA kecil akan mengurangi daya ikat sehingga stabilitas menjadi rendah dan durabilitas perkerasan berkurang.

Tabel 6.10. Nilai VFWA pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	VFWA (%)
1	4 hari	74,911
2	8 hari	78,949
3	12 hari	81,759
4	16 hari	75,497
5	20 hari	73,007
6	24 hari	75,513

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.2. Hubungan Lama pemeraman dengan VFWA

Dari Gambar 6.2 terlihat bahwa pemeraman pada hari ke-12 rongga yang terisi aspal mencapai nilai maksimum kemudian turun pada hari ke-16 dan kembali naik pada pemeraman hari ke-24. Disini terlihat pula ketidakkonsistenan nilai VFWA setelah hari ke-12, walaupun perubahannya cenderung konstan.

Nilai VFWA pada suatu campuran perkerasan berhubungan erat dengan nilai VITM. Dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, maka nilai VITM akan semakin menurun, sebaliknya dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran maka nilai VFWA akan semakin naik.

Secara teori seharusnya semakin lama pemeramannya, maka akan semakin banyak bitumen yang diremajakan. Akan tetapi, proses pelepasan bitumen itu akan berhenti setelah seluruh flux butas buatan yang ada dalam campuran tersebut habis atau sudah tidak ada lagi bitumen yang berhasil dikeluarkan dari butiran asbuton. Dari teori tersebut, seharusnya setelah bitumen yang dikandung di dalam asbuton

berhasil dilepaskan secara maksimal (yang dicapai pada hari ke-12) maka nilai VFWA akan menjadi konstan. Akan tetapi pada hari ke-16 nilai VFWA malah cenderung turun. Ini disebabkan flux butas buatan yang digunakan sudah meresap seluruhnya kedalam butiran asbuton sehingga proses pelepasan bitumen sudah tidak optimal lagi. Setelah hari ke-16, karena sudah tidak ada lagi flux butas buatan yang tersisa maka nilai VFWA terlihat konstan walaupun memiliki nilai yang lebih rendah dari nilai VFWA maksimumnya.

Dari hasil penelitian ini, selama pemeraman 24 hari, nilai VFWA yang paling besar dicapai pada pemeraman hari ke-12 yaitu sebesar 81,759 %, sedangkan nilai terkecil pada hari ke-20 yaitu 73,007 %.

6.2.3. Tinjauan terhadap VITM (Void In The Mix)

Rongga di dalam campuran (VITM) adalah perbandingan volume persen rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persen (%). Persen rongga yang disyaratkan untuk campuran Lataston adalah 4% – 8%. Nilai VITM dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 6.3.

Nilai VITM menunjukkan banyaknya rongga yang ada di dalam campuran. Nilai VITM sangat berpengaruh terhadap kekakuan campuran. Campuran dengan nilai VITM kecil menunjukkan campuran tersebut memiliki tingkat kekakuan tinggi, yang berakibat apabila campuran menerima beban lalu lintas akan mudah mengalami retak-retak (cracking) karena tidak cukup lentur untuk menahan deformasi yang terjadi. Selain itu, campuran yang memiliki tingkat kekakuan tinggi

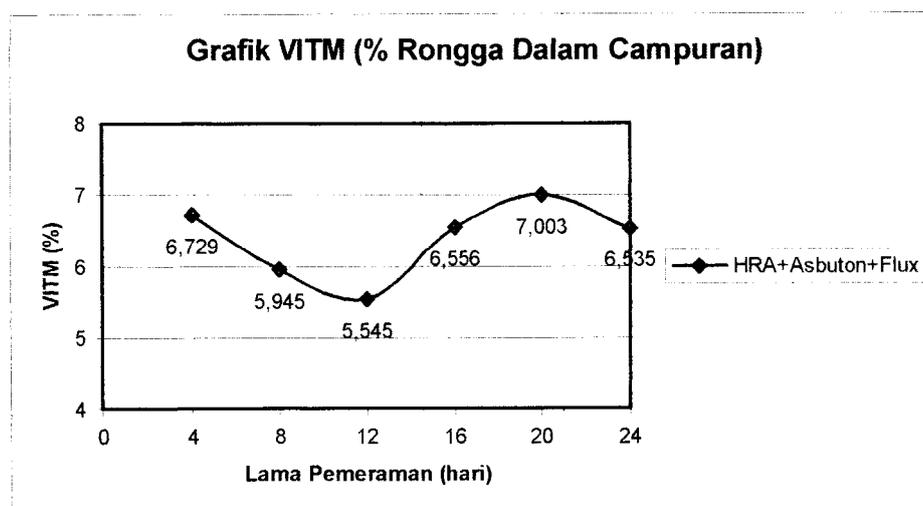
juga akan mudah menalami retak-retak akibat deformasi yang disebabkan oleh perubahan bentuk atau penurunan dasar permukaan jalan (subgrade).

Sebaliknya apabila nilai VITM besar, rongga yang terdapat dalam campuran lebih banyak sehingga campuran tersebut bersifat porous, kurang kedap terhadap udara dan air. Campuran yang bersifat porous menyebabkan aspal mudah teroksidasi yang menyebabkan durabilitas (daya tahan) campuran menurun.

Tabel 6.11. Nilai VITM pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	VITM (%)
1	4 hari	6,729
2	8 hari	5,945
3	12 hari	5,545
4	16 hari	6,556
5	20 hari	7,003
6	24 hari	6,535

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.3. Hubungan Lama pemeraman dengan VITM

Dari Gambar 6.3 terlihat bahwa nilai VITM turun sampai hari ke-12. Selanjutnya mulai hari ke-16 mulai naik sampai maksimum pada hari ke-20 dan pada hari ke-24 turun kembali. Dari grafik terlihat bahwa nilai VITM setelah hari ke-12 cenderung naik turun, walaupun dengan perubahan yang kecil.

Seperti pada VFWA, seharusnya secara teori, semakin lama waktu pemeraman asbuton maka akan semakin sedikit rongga yang terdapat di dalam campuran. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya bitumen aktif yang larut dan mengisi rongga antar agregat. Tetapi proses pelepasan bitumen asbuton pada lama pemeraman tertentu akan terhenti dimana kemampuan untuk proses peremajaan sudah tidak ada. Hal ini kemungkinan terjadi pada pemeraman setelah hari ke-12 dikarenakan naiknya kembali grafik nilai VITM walaupun setelah hari ke-24 nilai VITM kembali menurun.

Nilai VITM sangat dipengaruhi oleh nilai VFWA. Pada campuran yang menggunakan aspal minyak, nilai VFWA cenderung naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal dan sebaliknya nilai VITM akan semakin turun. Pada penelitian ini, karena sebagai bahan ikat seluruhnya menggunakan asbuton, maka ada beberapa penyimpangan. Hal ini terlihat pada grafik setelah hari ke-12. Ini disebabkan pula dengan adanya pengaruh VFWA yang naik turun sehingga nilai VITM mengikuti nilai rongga yang terisi aspal.

Secara keseluruhan nilai VITM masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga yaitu sebesar 4% - 8%. Nilai VITM yang paling besar terdapat pada

pemeraman hari ke-20 sebesar 7,003%, sedangkan nilai VITM yang paling kecil ada pada hari ke-12 yaitu 5,545%.

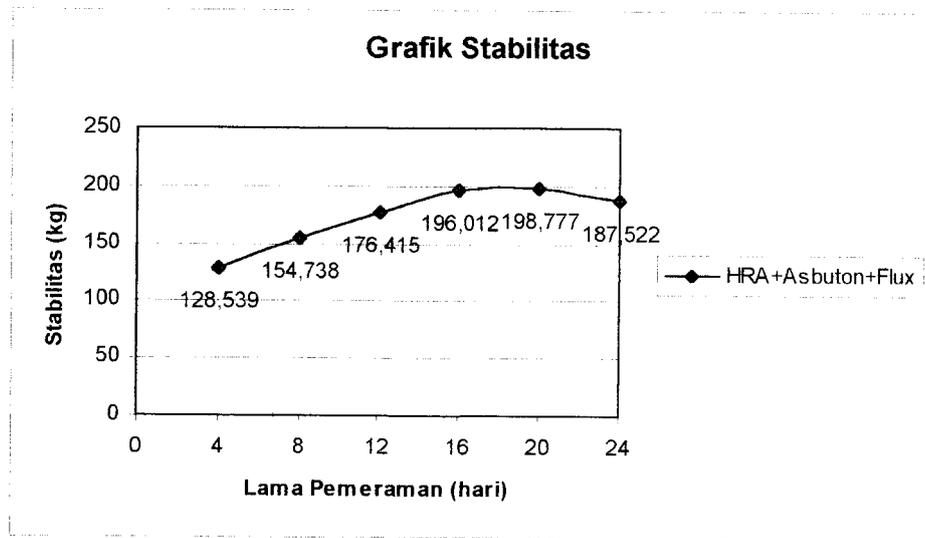
6.2.4. Tinjauan terhadap Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding. Nilai stabilitas yang tinggi membuat umur rencana perkerasan akan semakin panjang, tetapi apabila stabilitas terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya rendahnya nilai stabilitas menyebabkan perkerasan mudah mengalami deformasi oleh beban lalu lintas atau perubahan bentuk subgrade.

Tabel 6.12. Nilai Stabilitas pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	Stabilitas (kg)
1	4 hari	120,539
2	8 hari	154,738
3	12 hari	176,415
4	16 hari	196,012
5	20 hari	198,777
6	24 hari	187,522

Sumber pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.4. Hubungan Lama pemeraman dengan Stabilitas

Dari Gambar 6.4 dapat disimpulkan bahwa stabilitas maksimum pada penelitian ini didapatkan pada pemeraman hari ke-20 yaitu sebesar 198,777 kg. Nilai stabilitas tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga untuk campuran HRA yaitu sebesar 450 kg – 750 kg.

Rendahnya nilai stabilitas bisa disebabkan antara lain :

1. Kelebihan bitumen dalam campuran membuat terlalu tebalnya penyalutan bitumen terhadap butiran agregat sehingga mengakibatkan hilangnya gaya gesek antar partikel. Hal ini akan menyebabkan terjadinya bleeding dan alur pada konstruksi perkerasan di lapangan.
2. Tekstur permukaan agregat yang halus akan menyebabkan rendahnya tingkat gesekan antar partikel agregat sehingga stabilitasnya akan rendah.

3. Daya serap agregat terhadap aspal yang kecil akan menyebabkan tipisnya lapisan selimut aspal sehingga ikatannya mudah lepas dan menyebabkan stabilitasnya akan berkurang.

Pada campuran HRA karena menggunakan gradasi timpang (gap graded) stabilitas campuran tergantung dari kekakuan (stiffness) mortar dan bukan dari sifat saling mengunci antar butiran agregatnya. Hal ini dikarenakan kedudukan agregat kasar pada campuran HRA seolah-olah mengambang di dalam mortar sehingga agregat halus sebagai bagian terbanyak penyusun mortar, kualitasnya sangat mempengaruhi nilai stabilitas campuran.

Pada penelitian ini mineral asbuton yang digunakan sebagai pengganti agregat halus tertahan saringan #200 dan filler tidak berfungsi dengan baik, sehingga stabilitas yang didapatkan tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Selain itu bitumen asbuton yang dapat diremajakan tidak mampu mengikat seluruh agregat halus dan agregat kasarnya.

6.2.5. Tinjauan terhadap Flow

Kelelehan (Flow) adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, yang dinyatakan dalam satuan panjang.

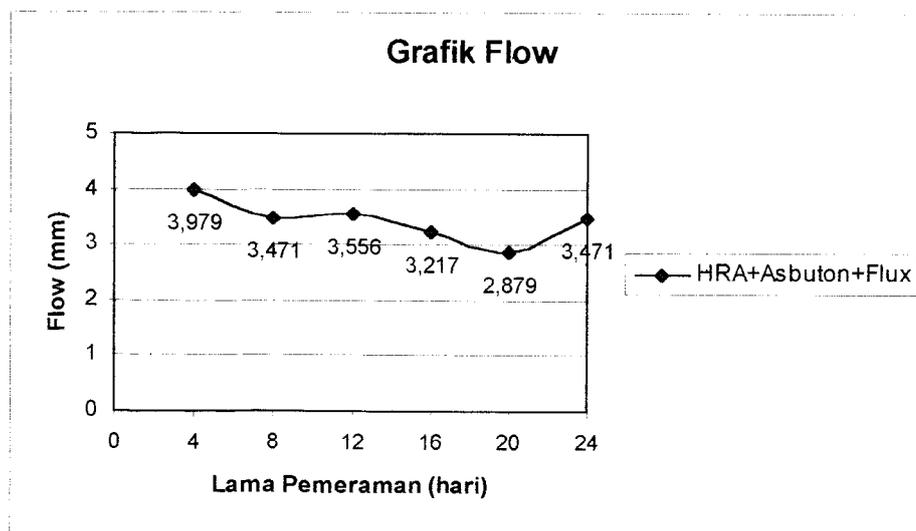
Nilai flow menunjukkan besarnya deformasi campuran benda uji akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai flow rendah dengan stabilitas tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki sifat getas dan kaku serta mudah retak jika menerima beban melampaui daya dukungnya. Sedangkan

campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dengan stabilitas rendah, cenderung plastis sehingga mudah mengalami deformasi bila menerima beban lalu lintas.

Tabel 6.13. Nilai Flow pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	Flow (mm)
1	4 hari	3,979
2	8 hari	3,471
3	12 hari	3,556
4	16 hari	3,217
5	20 hari	2,879
6	24 hari	3,471

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.5. Hubungan Lama pemeraman dengan Flow

Pada Gambar 6.5 tampak bahwa campuran HRA dengan menggunakan asbuton sebagai bahan pengikat dengan cara dingin, mempunyai kecenderungan yang tidak menentu karena setelah mengalami penurunan kemudian mengalami kenaikan lagi. Hal ini dapat terjadi karena nilai Flow dipengaruhi oleh penyerapan air. Nilai penyerapan air pada agregat menunjukkan nilai penyerapan aspal. Semakin tinggi nilai penyerapan menyebabkan aspal dapat masuk lebih jauh ke dalam pori agregat, sehingga menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis. Hal ini menyebabkan nilai Flow menjadi rendah.

Dari Gambar 6.5 di atas, terlihat bahwa nilai flow menurun sampai pemeraman hari ke-8. Selanjutnya pada hari ke-8 sampai hari ke-12 cenderung konstan, kemudian turun lagi pada hari ke-16 sampai hari ke-20 dan mengalami kenaikan secara tajam setelah hari ke-20.

Pada campuran HRA yang menggunakan aspal minyak, nilai flow cenderung turun dan kemudian naik secara konsisten dikarenakan semakin bertambahnya kadar aspal. Sedangkan pada penelitian ini, flux butas buatan yang terdiri dari solar dan oli bekas, masih mampu melarutkan bitumen sampai hari ke-20. Pada hari berikutnya nilai flow terlihat konstan dengan nilai sebesar 3,471 mm.

Bina Marga tidak menetapkan standar untuk nilai flow, namun demikian karena nilai stabilitas dan marshall quotient ditetapkan maka nilai flow dapat didekati dengan membagi nilai stabilitas dengan nilai marshall quotient, maka nilai standar pendekatan flow adalah 3 mm – 5 mm.

Secara umum nilai flow yang dihasilkan pada pemeraman sampai hari ke-24 masih memenuhi standar yang ditetapkan Bina Marga yaitu sebesar 3 mm – 5 mm.

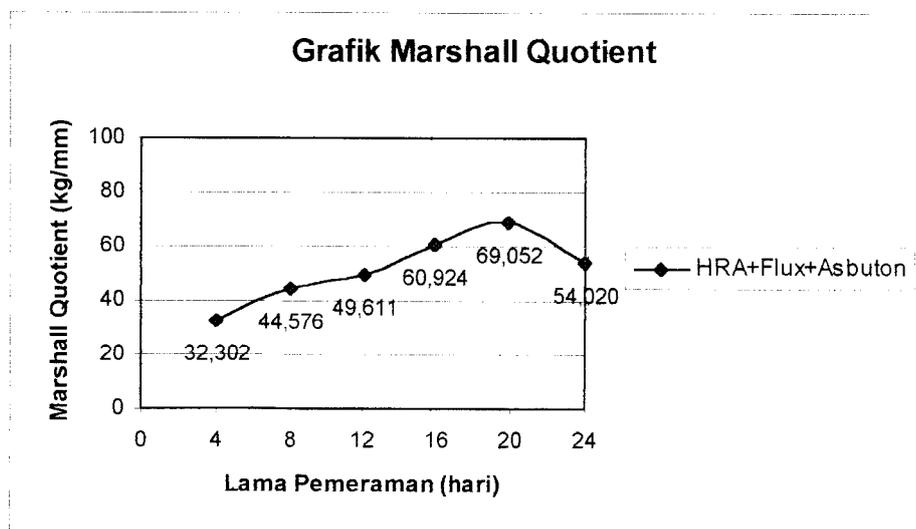
6.2.6. Tinjauan terhadap Marshall Quotient (QM)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelehannya dan dipakai sebagai pendekatan tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran.

Tabel 6.14. Nilai Marshall Quotient pada variasi pemeraman

No	Lama pemeraman	Marshall Quotient (kg/mm)
1	4 hari	32,302
2	8 hari	44,576
3	12 hari	49,611
4	16 hari	60,924
5	20 hari	69,052
6	24 hari	54,020

Sumber : pemeriksaan di lab jalan raya FTSP UII.



Gambar 6.6. Hubungan Lama pemeraman dengan Marshall Quotient

Nilai QM yang besar menunjukkan kekakuan lapis keras yang tinggi dan berakibat mudah terjadi retak-retak. Sebaliknya harga QM terlalu kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban.

Seperti terlihat pada Gambar 6.6. nilai QM maksimum dicapai pada pemeraman hari ke-20 dengan nilai sebesar 69,052 kg/mm. Nilai tersebut juga tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga yaitu sebesar 150 kg/mm – 300 kg/mm. Rendahnya nilai QM ini sangat dipengaruhi oleh rendahnya angka stabilitas yang didapat dari campuran.

6.2.7. Tinjauan Umum Terhadap Kriteria Marshall

Secara umum hasil dari penelitian ini tidak memenuhi persyaratan untuk campuran HRA yang digunakan untuk perkerasan jalan. Hal ini disebabkan tidak terpenuhinya nilai stabilitas dan Marshall Quotient seperti yang disyaratkan walaupun untuk nilai-nilai VITM, VFWA dan Flow memenuhi persyaratan.

Rendahnya nilai stabilitas ini disebabkan kurang bagusnya agregat yang digunakan dikarenakan besarnya nilai penyerapannya yaitu sebesar 2,8%. Hal ini berakibat bitumen asbuton yang berhasil diremajakan hanya menghasilkan lapisan aspal yang tipis karena penyerapan oleh agregat cukup besar. Selain faktor di atas kemungkinan penyebab yang lain yaitu tidak berfungsinya mineral asbuton sebagai pengganti filler dan agregat saringan tertahan #200. Mineral asbuton tersebut tidak mampu menghasilkan mortar yang cukup kaku untuk menahan beban yang

diterimanya. Pada jenis campuran HRA stabilitas campuran sangat tergantung dari tingkat kekakuan mortarnya dan sebagian kecil dari dukungan agregat kasar.

Proses peremajaan asbuton pada penelitian ini secara umum meningkat sampai hari ke-12 tetapi pada hari ke-16 nilai yang dihasilkan sudah turun dan hari-hari berikutnya cenderung konstan. Seharusnya secara teori, semakin lama waktu pemeraman asbuton maka akan semakin sedikit rongga yang terdapat di dalam campuran. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya bitumen aktif yang larut dan mengisi rongga antar agregat. Tetapi proses pelepasan bitumen asbuton pada lama pemeraman tertentu akan terhenti dimana kemampuan untuk proses peremajaan sudah tidak ada. Sehingga waktu yang paling optimal untuk proses peremajaan dengan menggunakan flux butas buatan ini yaitu pada hari ke-12.

Dari hasil ekstraksi yang dilakukan pada benda uji setelah diuji Marshall, didapatkan kadar bitumen rata-rata sebesar 12,825%. Hal ini cukup mengherankan dikarenakan pada kadar aspal rencana hanya direncanakan sebesar 6%. Perencanaan kadar aspal ini sendiri berdasarkan hasil ekstraksi asbuton yang menghasilkan kadar bitumen sebesar 21,69%. Karena tidak memakai aspal minyak maka prosentasi asbuton ditambah agar mencapai 6%. Penambahan asbuton mengakibatkan terjadi penambahan mineral asbuton. Agar tidak terjadi kelebihan filler maka mineral asbuton dianggap menggantikan filler dan agregat tertahan saringan #200 dengan menghitung koreksi penggantian tersebut karena perbedaan berat jenisnya.

Pada campuran HRA sendiri sebenarnya kadar aspal yang disyaratkan cukup tinggi yaitu 6% - 13%. Sehingga apabila kadar aspal 12% masih masuk dalam persyaratan tersebut. Akan tetapi kemungkinan tingginya kadar aspal bisa

menyebabkan nilai stabilitas menjadi menurun. Pada penelitian ini lama pemeraman yang optimum pada hari ke-12 belum bisa dikatakan mampu mengeluarkan seluruh kandungan bitumennya yang sebesar 12% hasil ekstraksi. Hal ini dikarenakan pada waktu proses ekstraksi menggunakan alat yang memaksa seluruh bitumen untuk dikeluarkan. Sedangkan pada penelitian ini proses pelepasan bitumen aktif tersebut berlangsung secara alami dengan bertambah lamanya waktu pemeraman.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium, yaitu mengenai pengaruh lama pemeraman asbuton dengan menggunakan flux butas buatan (solar + oli bekas SAE W 20-50) sebagai bahan peremaja terhadap HRA dengan campuran secara dingin beserta dengan pembahasan dimuka, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk nilai VFWA, bitumen yang berhasil dikeluarkan mencapai maksimum pada hari ke-12, yaitu sebesar 81,759%.
2. Untuk nilai VITM, ditinjau dari lama pemeraman dari hari ke-4 sampai dengan hari ke-24, masih memenuhi persyaratan.
3. Lama pemeraman yang memenuhi persyaratan ditinjau dari nilai kelelehannya adalah pada hari ke-4 sampai dengan hari ke-16, sedangkan pada hari ke-20 campuran sudah terlalu plastis.
4. Untuk nilai stabilitas, nilai maksimum dicapai pada pemeraman hari ke-20 sebesar 198,77 kg walaupun masih belum memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.
5. Nilai marshall quotient pada penelitian ini tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk semua variasi lama pemeraman.

6. Penggunaan asbuton dengan peremaja flux butas buatan sebagai bahan ikat dalam campuran HRA secara dingin ternyata mempunyai sifat-sifat marshall yang optimum pada pemeraman hari ke-12.
7. Secara keseluruhan, campuran HRA secara dingin dengan menggunakan asbuton dengan flux butas buatan sebagai bahan peremaja, tidak dapat dipergunakan sebagai lapis perkerasan, dikarenakan nilai stabilitas dan marshall quotient tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

7.2. Saran

1. Hendaknya diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi penelitian di laboratorium, antara lain penimbangan untuk benda uji seteliti mungkin, pemeriksaan bahan agregat yang tepat, penumbukan/pemadatan (alat tumbuk harus jatuh bebas), dan sebagainya.
2. Untuk penelitian yang menggunakan koreksi mineral terhadap asbuton, hendaknya perlu dilakukan ekstrasi campuran terlebih dahulu untuk mengetahui kadar bitumen dalam campuran sebelum dilakukan pembuatan benda uji.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pemeraman asbuton dengan berbagai bahan peremaja yang lain atau dengan kombinasi antara peremaja yang mengandung bitumen dengan peremaja yang cepat melarutkan bitumen, sehingga diperoleh gambaran tentang bahan peremaja yang paling tahan terhadap beban lalu lintas.

PENUTUP

Syukur Alhamdulillah penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya dengan senantiasa memberikan perlindungan dan petunjuk, hingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari cukup, apalagi disertai oleh terbatasnya pengetahuan, pengalaman serta kurangnya kemampuan penyusun, oleh sebab itu penyusun mengharapkan kritik maupun saran yang bersifat membangun sehingga dapat berguna bagi penelitian selanjutnya.

Akhir kata, penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan bimbingan dari awal sampai akhir penelitian hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga penelitian ini dapat menambah ilmu pengetahuan kita semua. Amin.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) _____, 1983, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Asbuton Agregat (LASBUTAG)**, No. 09/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 2) _____, 1983, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Asbuton Murni (LATASBUM)**, No. 11/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 3) _____, 1983, **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)**, No. 13/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 4) _____, 1969, **Standarisasi Pengaspalan Dengan Butas**, No. 04/1969, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 5) Atkins, Harold N, 1997, **Highway Materials, Soils, and Concrete**, Prentice Hall, Inc, New Jersey
- 6) British Standard Institution 594, 1985, **Specification for Rolled Asphalt (Hot Process) for Road and Other Paved Areas**, London.
- 7) Dalimin, 1980, **Pelaksanaan Pekerjaan Jalan Konstruksi Asbuton**, Penerbit Lestari, Jakarta.
- 8) Fadhilatunnisak, 1998, **Pengaruh Lama Pemeraman Asbuton Dengan Berbagai Bahan Peremaja Terhadap Sifat Marshall Campuran HRA**, TGA JTS FT UGM, Yogyakarta.

- 9) Gompul Dairi, 1991, **Penelitian Pengembangan Teknologi Pemanfaatan Asbuton Sebagai Perkerasan Jalan**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan Dept. PU.
- 10) Krebs, & Walker, 1971, **Highway Material**, Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- 11) Hunter, Robert N., 1994, **Bituminous Mixtures In Road Construction**, Thomas Telford Services Ltd, London.
- 12) Rachmat Agus, 1998, Perkembangan Teknologi Asbuton Untuk Perkerasan Jalan, **Majalah Teknik Jalan dan Transportasi**, No. 092/Juli/1998.
- 13) Sudarisman, 1998, Laporan Proyek Asbuton di Cirebon, Pontianak, dan Beberapa Bagian Kalimantan, **Majalah Teknik Jalan dan Transportasi**, No. 092/Juli/1998.
- 14) D.U Sudarsono, 1976, **Prinsip-prinsip Beton Aspal dan Pengaspalan dengan Butas**, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- 15) Silvia Sukirman, 1995, **Perkerasan Lentur Jalan Raya**, Nova, Bandung.
- 16) Zulfahmi & A. Dwi Putranto, 1999, **Tinjauan Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal yang Menggunakan Bahan Ikat Asbuton B-20 dan Peremaja AC 60-70**, TA FTSP UII, Yogyakarta.

LAMPIRAN



LABORATORIUM JALAN RAYA
PASUKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UH

Jalan Raya No. 100, Jakarta Selatan, Indonesia

PEMBERIKSIAN KEACUAN AGREGAT (ABRASITEST)
HASIL NO 196-77

Aspek dan	Aspek dan	Diperoleh dari
Conte Bahan	Aspek dan	Aspek dan
Durasi uji	Aspek dan	Aspek dan
Tempat uji	Aspek dan	Aspek dan

1. PENDAHULUAN

2. TUJUAN

3. METODE

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

5. PENUTUP

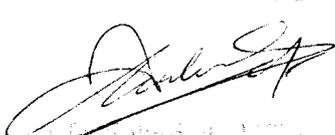
6. DAFTAR PUSTAKA

7. LAMPIRAN

Mengetahui
Kepala Laboratorium Jalan Raya


(Sabanto)

Mengetahui, 25 Januari 2000
Mengetahui
Kepala Laboratorium Jalan Raya


(Sabanto)



No. 100/01/2019

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Jl. Kahar Muzakir No. 1, T. Plo. 60538 Yogyakarta 55584

SAND EQUIVALENT DATA

Company Name : Laboratorium Jalan Raya FTSP UII
Agency Address : Catur
Date of Test : 14 January 2019
Project Name : Trans Adm
Execution Office : Sukunata

TESTING NUMBER		1	2
Swelling	mm	10.25	10.25
Shrinkage	mm	1.00	1.00
Sand Equivalent Value	mm	75.00	75.00
Wet Sand (15 sec)	mm	8.00	8.00
Clay Fraction		1.5	1.5
Sand Fraction		2.5	2.5
Sand Equivalent		75.00	75.00
Wet Sand Equivalent Value		75.00	75.00
Clay Content			
Average Sand Equivalent		75.00	
Remark :			
Nilai Sand Equivalent = 75.00 > 70.00 (memenuhi syarat)			
No. Laporan : 101/01/2019/106.1987			

Mengetahui
Kepala Laboratorium Jalan Raya


(Sukunata)

Yogyakarta, 14 Januari 2019
Mengetahui
Kepala Laboratorium Jalan Raya


(Ir. Subarjono, M.T.)



Lampiran 3

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UIR
Jl. Kalimantan Km. 10,3 Telp. 95330 Yogyakarta 55281

PENYERIKSAAN

VISCO SITAS KINEMATIK

Jenis Pak : Datar
Bahan Base : Solin + 500 Jarak Say + 2050
Dipotong : 27 Januari 2000
Untuk Proyek : Tugas APD
Dikerjakan Oleh :
Widya Tono S
Asst. Peng :
Diperiksa Oleh : Dikanto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBAKUAN WADUK	PEMBAKUAN SUDUT GUN
Mula-mula (sebelum pemanasan)	9,10	
Selesai (setelah pemanasan)	9,10	
Pemanasan Sampel 40°C		
Mula-mula	9,15	27
Selesai	9,27	60
Dipotong		
Mula-mula	9,30	30
Selesai	9,35	60

HASIL PENGAMATAN

VISCO SITAS KINEMATIK	Waktu (Detik)	CST
Kolom A	10,27	31,77
Kolom B	9,98	18,100
Rata-rata	10,25	31,50

Mengajar,
Lab. Laboratorium Jalan Raya


Pakantoro

Yogyakarta, 27 Januari 2000
Mengajar,
Lab. Laboratorium Jalan Raya


Widya Tono S



Lampiran 6

LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Sepuluh Nopember No. 1 - 60115 Surabaya Indonesia

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Contoh dari	Aspal Beton (AB-1)	Integrasi Data
Jenis Contoh	Aspal Kasar	Manajemen
Ditujukan	20 Januari 2020	manajemen
Untuk	Tugas Akhir	Diposkan Oleh : User
Proyek		

No	Uraian	Berat (g)	
		W ₁	W ₂
1	Bobot wadah + 100 gram pasir halus		
2	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar	1532	
3	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus	3807	
4	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus + air	4189	
5	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus + air + 10% air	4345	
6	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus + air + 20% air	4511	
7	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus + air + 30% air	4515	
8	Bobot wadah + 100 gram agregat kasar + pasir halus + air + 40% air	4588	

Membaca dan
Kepala Laboratorium Jalan Raya

(Sukanto)

Yogyakarta, 28 Januari 2020
Membaca dan
Kepala Laboratorium Jalan Raya

(H. Subarkah M.T.)



PEMERIKSAAN

TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR TLTC

Jenis Bahan	Bahan	Dikerjakan Oleh :
Bahan Elav	Solar (01) Jarak 2000 ml (20 liter)	Andhyo Purnomo
Ditanggal	16 Januari 2009	Amel Isyana
Untuk Proyek	Tugas Akhir	Diperiksa Oleh : Subianto

PEMAMANAN SAMBUT	TEMPERATUR SAMBUT (°C)	TEMPERATUR AKTIF
Mula-mula	27	30,15
Terdapat nyala singkat	107	31,22
Terdapat nyala terus setelah 1 menit	130	30,26
Terselesa	130	31,26

HASIL PENGAMATAN

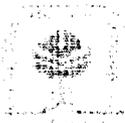
CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	107°C	130°C
II		
RATA-RATA		

Mengirimkan
 Wakil Koordinator Labor Rasya

(Subianto)

tanggal: 16 Januari 2009
 Mengetahui
 Kepala Laboratorium Jalan Raya

(Subianto, M.P.A)



LABORATORIUM JALAN RAYA

KEMENTERIAN PERKOTATAN, TRANSPORTASI DAN INFRASTRUKTUR

Lampiran 3

MEMERIKSAKAN BEKUL JENIS AGREGAT HALUS

Nama dari	PT. SUDIRTA BINA	No. 9920/0106
Situs Lokasi	Jember	11/11/2019
Instansi	Disdikbud	Jember
Unit/Divisi	Lab. Beton	Diambilnya 0106

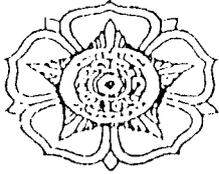
NOMOR SAMPLING	BENTUK/LOKASI
1	500
2	500
3	500
4	500
5	500
6	500
7	500
8	500
9	500
10	500
11	500
12	500
13	500
14	500
15	500
16	500
17	500
18	500
19	500
20	500
21	500
22	500
23	500
24	500
25	500
26	500
27	500
28	500
29	500
30	500
31	500
32	500
33	500
34	500
35	500
36	500
37	500
38	500
39	500
40	500
41	500
42	500
43	500
44	500
45	500
46	500
47	500
48	500
49	500
50	500
51	500
52	500
53	500
54	500
55	500
56	500
57	500
58	500
59	500
60	500
61	500
62	500
63	500
64	500
65	500
66	500
67	500
68	500
69	500
70	500
71	500
72	500
73	500
74	500
75	500
76	500
77	500
78	500
79	500
80	500
81	500
82	500
83	500
84	500
85	500
86	500
87	500
88	500
89	500
90	500
91	500
92	500
93	500
94	500
95	500
96	500
97	500
98	500
99	500
100	500

Menteri
Sud. Laboratorium Jalan Raya

Sukanto

Jember, 29 Januari 2020
Mengetahui
Kepala Laboratorium Jalan Raya

Sud. Laboratorium MII



UNIVERSITAS GADJAH MADA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK TRANSPORTASI

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

PEMERIKSAAN KADAR BITUMEN
ASBUTON DENGAN CARA REFLUX EKSTRAKSI

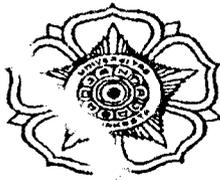
1. Berat benda uji	=	800	gram
2. Berat kertas filter	=	9,2	gram
3. Berat mineral + kertas filter	=	809,2	gram
4. Berat nampan kosong	=	-	gram
5. Berat mineral	=	626,5	gram
6. Kadar Bitumen $\frac{(1-5)}{1} \times 100$ %	=	21,69	%
7. Kriteria Asbuton	=	B - 20	

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

J. Basuki
(JURAN BASUKI)



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

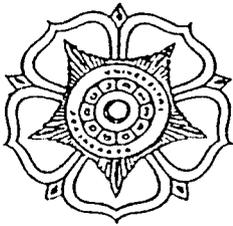
PEMERIKSAAN JENIS MINERAL ASBUTON

PB – 0108 – 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 benda uji	=	1,1252	gr/cc

Pemeriksa:


(IMAN BASUKI)



Lampiran 12
UNIVERSITAS GADJAH MADA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK TRANSPORTASI

Alamat : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281
Telpon : (0274) 902246, 512796 Fax. (0274) 512796

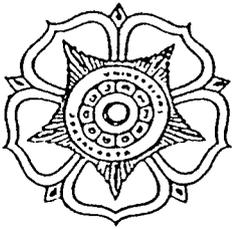
Pengirim contoh :
Jenis contoh : LASBUTAG, FLUX : SOLAR + OLI
Untuk pekerjaan ~~jalan~~ : PENELITIAN
Contoh diterima tanggal :
Selesai dikerjakan tanggal : 20 - 3 - 2000

NOMOR CONTOH : SLS - 7 : III - 24

1. Berat BOWL EXTRAKTOR : 1296 .gram
2. Berat CONTOH ASPAL BETON : 966 .gram
3. Berat BOWL EXTRAKTOR + CONTOH ASPAL BETON : 2262 .gram
4. Berat BATUAN yang TEREKSTRAKSI : 841,6 .gram
5. Berat KERTAS FILTER BERSIH : 20,5 .gram
6. Berat KERTAS FILTER dan MINERAL : 21,6 .gram
7. Berat MINERAL terlarut yang menempel pada KERTAS FILTER : 1,1 .gram
8. Berat TEMPAT KOSONG untuk menampung ENDAPAN : 125,5 .gram
9. Berat TEMPAT + ENDAPAN : 126 .gram
10. Berat ENDAPAN (9 - 8) : 0,5 .gram
11. Kadar BITUMEN = $\frac{2 - (4 + 7 + 10)}{2} \times 100\%$: 12,71 %

Yogyakarta, 20-3-2006
Pemeriksa

(*[Signature]*)



Lampiran 13

UNIVERSITAS GADJAH MADA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK TRANSPORTASI

Alamat : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM Yogyakarta 55281
Telpon : (0274) 902246, 512796 Fax. (0274) 512796

Pengirim contoh :
Jenis contoh : LASBUTAG, Flux: Solar+061
Untuk pekerjaan ~~jalan~~ : PENELITIAN
Contoh diterima tanggal :
Selesai dikerjakan tanggal : 21 - 3 - 2000

NOMOR CONTOH : MING64, III - 8 - 20

1. Berat BOWL EXTRAKTOR : 1296 .gram
2. Berat CONTOH ASPAL BETON : 975,4 .gram
3. Berat BOWL EXTRAKTOR + CONTOH ASPAL BETON : 2.271,4 gram
4. Berat BATUAN yang TEREKSTRAKSI : 845,6 .gram
5. Berat KERTAS FILTER BERSIH : 16,9 .gram
6. Berat KERTAS FILTER dan MINERAL : 18,8 .gram
7. Berat MINERAL terlarut yang menempel pada KERTAS FILTER : 1,9 .gram
8. Berat TEMPAT KOSONG untuk menampung ENDAPAN : 138,3 gram
9. Berat TEMPAT + ENDAPAN : 140,0 .gram
10. Berat ENDAPAN (9 - 8) : 1,7 .gram
11. Kadar BITUMEN = $\frac{2 - (4 + 7 + 10)}{2}$: 12,94 %

Yogyakarta, 21 - 3 - 2000
Pemeriksa



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JL. KALIURANG KM. 14,4 TELP. 95330 YOGYAKARTA 55584

Untuk Proyek : Tugas Akhir
 Pengirim Sample : Andi Bayu L
 Jenis Campuran : HRA + Asbuton B.20 + Flux Butas Buatari
 Diperiksa Oleh : Sukanto
 Diruji tgl : 28 Januari 2000

Dikerjakan Oleh : Widyo Tomo K

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

No	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
1	60.33	8.5	6	965	983	462	521	1.852	1.995	10.874	84.930	4.196	15.070	72.159	7.159	29	99.406	108.253	4.572
2	60.53	8.5	6	961	984	467	517	1.859	1.995	10.912	85.333	3.854	14.767	73.899	6.829	41	140.54	152.205	3.556
3	60.68	8.5	6	963	988	464	524	1.838	1.995	10.789	84.269	4.941	15.731	68.588	7.892	30	102.83	110.855	3.810
4	59.57	8.5	6	949	968	464	504	1.883	1.995	11.054	86.340	2.606	13.660	80.923	5.619	39	133.68	148.791	4.064
5	60.17	8.5	6	959	976	465	511	1.877	1.995	11.018	86.054	2.928	13.946	79.005	5.931	43	147.40	161.251	3.302
6	60.07	8.5	6	961	986	472	514	1.870	1.995	10.976	85.730	3.293	14.270	76.921	6.285	41	140.54	154.172	3.048
7	59.85	8.5	6	967	976	465	511	1.892	1.995	11.110	86.772	2.118	13.228	83.987	5.146	44	150.823	166.509	3.556
8	59.55	8.5	6	955	969	464	505	1.891	1.995	11.102	86.713	2.184	13.287	83.560	5.210	51	174.82	194.572	3.810
9	59.68	8.5	6	965	989	482	507	1.903	1.995	11.174	87.276	1.550	12.724	87.818	4.595	48	164.53	182.469	3.302



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JL. KALIURANG KM. 14,4 TELP. 95330 YOGYAKARTA 55584

Untuk Proyek : Tugas Akhir
 Dikerjakan Oleh : Widyo Tomo K
 Pengirim Sample : Andi Bayu L
 Jenis Campuran : HR-A + Asbuton E-20 + Fibur Butas Buatan
 Diperiksa Oleh : Sukanto
 Diruji tgl : 28 Januari 2000

PERHITUNGAN TEST MARSHALL

10	60.08	8.5	6	958	989	479	510	1.878	1.995	11.028	86.133	2.839	13.867	79.526	5.845	49	167.96	184.256	3.556
11	59.68	8.5	6	963	988	471	517	1.863	1.995	10.935	85.410	3.654	14.590	74.953	6.635	56	191.96	212.880	3.302
12	60.25	8.5	6	961	990	471	519	1.852	1.995	10.871	84.904	4.225	15.096	72.012	7.188	51	174.82	190.901	3.556
13	60.20	8.5	6	960	980	461	519	1.850	1.995	10.859	84.816	4.325	15.184	71.519	7.284	58	198.81	217.302	2.794
14	60.03	8.5	6	964	981	464	517	1.865	1.995	10.947	85.499	3.554	14.501	75.489	6.538	53	181.67	199.477	3.048
15	60.98	8.5	6	961	979	460	519	1.852	1.995	10.871	84.904	4.225	15.096	72.012	7.188	47	161.11	172.223	2.794
16	60.42	8.5	6	955	979	468	511	1.869	1.995	10.972	85.695	3.333	14.305	76.701	6.323	54	185.10	201.020	3.556
17	59.72	8.5	6	962	987	470	517	1.861	1.995	10.924	85.322	3.754	14.678	74.472	6.732	49	167.96	186.102	3.556
18	60.33	8.5	6	962	992	476	516	1.864	1.995	10.945	85.487	3.568	14.513	75.416	6.551	47	161.11	175.445	3.302