

PERPUSTAKAAN FISIP UN
HARIAN/BELI
TGL. TERIMA : 5 Juni 2004
NO. JUDUL : 001211
NO. INV. : 5120001211001
NO. INDUK :

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LIMBAH BUSA LATEKS
SEBAGAI BAHAN *ADDITIVE* TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL DAN NILAI KOHESI CAMPURAN HRA
(*HOT ROLLED ASPHALT*)**

- 85

Sug

P

1



Disusun oleh :

Heru Susetyono 93 310 176

Adhy Rahmady 93 310 269

Tu. Sel
HRA

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2004**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH LIMBAH BUSA LATEKS
SEBAGAI BAHAN *ADDITIVE* TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL DAN NILAI KOHESI CAMPURAN HRA
(*HOT ROLLED ASPHALT*)**

**Diajukan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**

1. Nama : Heru Susetyono
No. Mhs. : 93 310 176
2. Nama : Adhy Rahmady
No. Mhs. : 93 310 269


Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Harbi Hadi, MT

Dosen Pembimbing I

Ir. Miftahul Fauziah, MT

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 30-03-04


Tanggal : 19-03-04

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir dengan judul “ **Pengaruh Limbah Busa Lateks sebagai Bahan *Additive* terhadap Karakteristik *Marshall* dan Nilai Kohesi Campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*)** “ merupakan salah satu syarat wajib tingkat sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Jogjakarta, yang telah memenuhi syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Atas segala bantuan dan bimbingan tersebut, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Harbi Hadi, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah memberi bimbingan dan pengarahan.

2. Ibu Ir. Miftahul Fauziah, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji, atas kritik, masukan dan bimbingan dalam penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Bapak Sukamto dan Bapak Pranoto, selaku petugas laboran di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
7. Bapak Ir. Iman Basuki beserta staff, selaku petugas laboran di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
8. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Akhirnya semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, 2004

Penulis

INTISARI

Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) untuk lapisan permukaan sering digunakan pada daerah-daerah yang beriklim tropis dan sub tropis. Campuran ini terdiri atas campuran aspal dan agregat bergradasi timpang (gap graded), yaitu gradasi yang dalam distribusi ukuran butirannya tidak mempunyai salah satu atau mengandung sedikit butiran dengan ukuran tertentu. Penelitian dengan memanfaatkan limbah busa lateks sebagai bahan tambah (additive) dimaksudkan untuk mencari atau memberikan variasi suatu bahan tambah baru, melihat dari sifat lateks yang umumnya tahan terhadap air, tahan oksidasi, bersifat elastis dan fleksibel dan dapat digunakan sebagai bahan pengikat/perekat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah busa lateks terhadap karakteristik marshall, durabilitas dan nilai kohesi campuran HRA.

Tahapan dalam penelitian ini dibagi menjadi empat tahap. Tahap I dilakukan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 4,5 % sampai 6,5 % dengan interval 0,5 % menggunakan aspal keras 60 70, didapat nilai KAO sebesar 5,4 %. Tahap II dilakukan tes Marshall untuk mencari pengaruh limbah busa lateks terhadap campuran HRA dengan variasi kadar limbah busa lateks 0 % sampai 5 % dengan interval 1 % pada KAO. Tahap III dilakukan pemeriksaan sifat fisik aspal dengan kadar limbah busa lateks 0 %, 2 % dan 4 %, pemeriksaan meliputi pengujian penetrasi dan titik lembek aspal. Tahap IV dibuat model campuran HRA dengan dan tanpa limbah busa lateks pada KAO untuk mencari nilai durabilitas dengan pengujian perendaman marshall dan pengujian kohesi dengan alat cohesiometer.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah busa lateks dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah (additive) untuk campuran HRA karena berdasarkan karakteristik marshall untuk nilai (stabilitas, flow, VITM, VFWA) penambahan limbah busa lateks memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (1983). Campuran HRA dengan limbah busa lateks memiliki nilai stabilitas, VITM, dan Indeks Perendaman (IP) lebih tinggi, sedangkan nilai VFWA dan flow lebih rendah dibandingkan campuran HRA tanpa limbah busa lateks. Durabilitas campuran HRA dengan limbah busa lateks mempunyai nilai yang lebih tinggi dari nilai durabilitas campuran tanpa limbah busa lateks. Nilai kohesi campuran HRA dengan limbah busa lateks memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa limbah busa lateks dan memenuhi persyaratan perencanaan perkerasan metode Hveem.

3.1.2. Agregat	11
3.2. Bahan Tambah Limbah Busa Lateks	13
3.3. Karakteristik Perkerasan	14
3.4. Pemeriksaan Campuran Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i>	18
3.5. Uji Perendaman <i>Marshall</i> (<i>Immersion Test</i>)	23
3.6. Nilai Kohesi	24

BAB IV METODELOGI PENELITIAN

4.1. Cara Penelitian	26
4.2. Bahan	26
4.2.1. Pemeriksaan Bahan	27
a. Pemeriksaan Agregat	27
b. Pemeriksaan Aspal	28
4.2.2. Persyaratan Bahan	30
4.3. Alat yang digunakan	31
4.4. Jalannya Penelitian	32
4.5. Pola Pencampuran	34
4.5.1. Pencampuran Aspal Biasa	34
4.5.2. Campuran Aspal dengan Limbah Busa Lateks	35
4.6. Cara Melakukan Pengujian	36
4.6.1. Pengujian <i>Marshall</i> Standard	37
4.6.2. Pengujian Rendam <i>Marshall</i> (<i>Immersion Test</i>)	38
4.6.3. Pengujian Kohesi	38
4.7. Lokasi Pengujian	38

BAB V HASIL PENELITIAN

5.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Bahan	39
5.1.1. Hasil Pengujian Agregat	39
5.1.2. Hasil Pengujian Aspal	40

5.2. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> (<i>Marshall Test</i>)	41
5.2.1. Pemeriksaan Campuran HRA dengan Variasi Kadar Aspal	41
5.2.2. Pemeriksaan Campuran HRA pada KAO dengan Variasi Limbah Busa Lateks	43
5.3. Hasil Uji Sifat Fisik Aspal Dengan Limbah Busa Lateks pada Kadar 2% dan 4% pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	44
5.4. Hasil <i>Immersion Test</i> Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks	45
5.5. Hasil Uji Nilai Kohesi Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks	47

BAB VI PEMBAHASAN

6.1. Sifat Fisik Bahan	48
6.1.1. Agregat	48
6.1.2. Aspal	50
6.2. Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i>	51
6.2.1. Pengaruh Kadar Aspal terhadap VITM (<i>Void In The Mix</i>)	51
6.2.2. Pengaruh Kadar Aspal terhadap VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>)	53
6.2.3. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas	54
6.2.4. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Flow</i> (Kelelehan)	56
6.2.5. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i>	58
6.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum	59
6.4. Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran HRA dengan Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	60
6.4.1. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai VITM Campuran HRA pada KAO	60

6.4.2. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai VFWA Campuran HRA pada KAO	61
6.4.3. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai VMA Campuran HRA pada KAO	62
6.4.4. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai Density Campuran HRA pada KAO	63
6.4.5. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai Stabilitas Campuran HRA pada KAO	64
6.4.6. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai Flow Campuran HRA pada KAO	65
6.4.7. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	66
6.5. Durabilitas Campuran HRA Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum.....	68
6.6. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Sifat Fisik Aspal (Penetrasi dan Titik Lembek)	71
6.7. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap Nilai Kohesi Campuran HRA (<i>Hot Rolled Asphalt</i>)	72
6.8. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap Campuran Aspal dibandingkan dari Penelitian Sebelumnya	74
6.9. Ringkasan Hasil Penelitian	76

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	78
7.2. Saran	79

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 4.1. Alur Penelitian Campuran HRA + Limbah Busa Lateks	33
Gambar 6.1. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai VITM	53
Gambar 6.2. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai VFWA	54
Gambar 6.3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas	56
Gambar 6.4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Flow</i>	57
Gambar 6.5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Marshall Quotient</i>	58
Gambar 6.6. Grafik Hubungan Antar Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VITM	60
Gambar 6.7. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VFWA	61
Gambar 6.8. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VMA	62
Gambar 6.9. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai <i>Density</i>	63
Gambar 6.10. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai Stabilitas	64
Gambar 6.11. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai <i>Flow</i>	66
Gambar 6.12. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i>	67
Gambar 6.13. Grafik Kadar Limbah Busa Lateks dengan Nilai Stabilitas pada perendaman 0,5 jam dan 24 jam	69

Gambar 6.14. Grafik Hubungan Antara Kadar Limbah Busa Lateks dengan Nilai Indeks Perendaman	70
Gambar 6.15. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai Kohesi	73

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 3.1. Persyaratan Aspal Keras	10
Tabel 3.2. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	11
Tabel 3.3. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	11
Tabel 3.4. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar <i>Hot Rolled Asphalt</i>	12
Tabel 3.5. Persyaratan Gradasi Agregat Halus <i>Hot Rolled Asphalt</i>	13
Tabel 3.6. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i>	13
Tabel 3.7. Komposisi Busa Lateks	14
Tabel 3.8. Persyaratan Kualitas <i>Marshall</i> Campuran	18
Tabel 3.9. Persyaratan Rencana Perkerasan Metode <i>Hveem</i>	25
Tabel 4.1. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan dan Syarat Agregat Kasar	30
Tabel 4.2. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan dan Syarat Agregat Halus	30
Tabel 4.3. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan dan Syarat Aspal 60/70	30
Tabel 5.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	39
Tabel 5.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	40
Tabel 5.3. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	40
Tabel 5.4. Hasil Uji <i>Marshall</i> untuk Campuran HRA dengan Variasi Kadar Aspal	42
Tabel 5.5. Hasil Uji <i>Marshall</i> untuk Campuran Aspal Optimum dengan Variasi Kadar Limbah Busa Lateks	43
Tabel 5.6. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal dengan Limbah Busa Lateks	45
Tabel 5.7. Hasil Uji <i>Immersion Test</i> Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks selama 24 jam	45

Tabel 5.8. Nilai Stabilitas pada perendaman 0,5 jam, 24 jam dan Nilai IP	46
Tabel 5.9. Hasil Uji Nilai Kohesi Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks	47
Tabel 6.1. Kadar Aspal Optimum	59
Tabel 6.2. Hubungan Antara Kadar Limbah Busa Lateks dengan Nilai Stabilitas pada Perendaman selama 0,5 jam dan 24 jam	68
Tabel 6.3. Perbandingan Sifat Fisik Aspal Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks	71
Tabel 6.4. Rekapitulasi Hasil Penelitian	75

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat
- Lampiran 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal
- Lampiran 3. Hasil Pemeriksaan dan Perhitungan *Marshall*
- Lampiran 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Limbah Busa Lateks dan Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal dengan Kadar Limbah Busa Lateks 2% dan 4% pada Kadar Aspal Optimum
- Lampiran 5. Hasil Pemeriksaan dan Perhitungan Rendaman *Marshall* (*Immersion Test*)
- Lampiran 6. Hasil Pemeriksaan dan Perhitungan Nilai Kohesi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan perekonomian di Indonesia, menuntut adanya sarana penunjang yang mendukung, salah satu faktor pendukung itu adalah penggunaan jasa transportasi. Peningkatan volume transportasi yang terjadi dengan sendirinya juga menuntut adanya pembangunan jalan yang semakin banyak dan berkualitas. Didalam usaha untuk meningkatkan kualitas jalan yang baik, aman, dan nyaman untuk dilalui, dibutuhkan material perkerasan jalan yang baik dan kuat.

Pelaksanaan pembangunan jalan raya saat ini dihadapkan pada tantangan akan peningkatan kualitas, baik terhadap jalan yang akan dibangun maupun usaha dalam pemeliharannya. Adanya tuntutan akan kebutuhan jalan yang semakin meningkat terkadang terhalang pada permasalahan pengadaan dana yang terbatas sebagai dampak daripada krisis ekonomi. Usaha untuk menghadapi kendala yang ada, maka dicari atau dipilih suatu cara yang paling efisien dan ekonomis untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Rendahnya kekuatan dan keawetan pada lapisan dan bahan ikat perkerasan merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan kerusakan dan penurunan dari kualitas perkerasan jalan. Di Indonesia yang beriklim tropis, dengan temperatur udara harian rata-rata yang tinggi, juga berdampak negatif terhadap ketahanan pada lapis perkerasan.

Campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) untuk lapisan permukaan (*wearing course*) sering digunakan pada daerah-daerah yang beriklim tropis dan sub tropis karena memiliki sifat tahan terhadap cuaca, air, dan keausan. Campuran ini terdiri atas campuran aspal dan agregat bergradasi timpang (*gap graded*) dengan pemakaian agregat kasar $\pm 30\% - 40\%$. Keuntungan campuran ini adalah tahan terhadap keausan, lebih lentur, mempunyai fleksibilitas tinggi sehingga dapat mengakomodasikan beban berat tanpa mengalami keretakan lelah (*fatigue cracking*) mempunyai ketahanan terhadap cuaca dan mudah dalam pengerjaannya. Namun campuran ini juga memiliki kelemahan diantaranya kurang kaku, kurang tahan terhadap deformasi dan memerlukan bahan ikat 1% - 2% lebih banyak dibandingkan dengan campuran lain.

Penggunaan limbah busa lateks sebagai bahan tambah (*additive*) pada campuran panas dengan perbandingan tertentu diharapkan nantinya dapat mengatasi masalah ini, karena sifat lateks umumnya tahan air, tahan oksidasi, memiliki kuat tarik relatif besar, bersifat elastis dan fleksibel, dapat digunakan sebagai bahan perekat / pengikat.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perilaku *Marshall* campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dengan dan tanpa *additive* limbah busa lateks berdasarkan persyaratan yang diberikan oleh Bina Marga, 1983.
2. Mengetahui dan membandingkan nilai *durabilitas* campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dengan dan tanpa *additive* limbah busa lateks.
3. Mengetahui dan membandingkan nilai kohesi dari campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dengan dan tanpa *additive* limbah busa lateks.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Penggunaan limbah lateks memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan barang buangan (limbah buangan).
2. Memberikan tambahan variasi studi pustaka mengenai pemanfaatan limbah industri.

1.4. Batasan Penelitian

Didalam tugas akhir ini, ruang lingkup penelitian dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Karakteristik campuran yang diuji adalah : stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, *Marshall Quotient*, dan nilai kohesi dari HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dengan variasi penambahan limbah busa lateks.
2. Bahan untuk pembuatan campuran aspal panas adalah : Aspal yang digunakan adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70 yang diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap. Agregat yang dipakai adalah hasil *stone crusher* dari PT. Perwita Karya, Jogjakarta. Limbah busa lateks diperoleh dari beberapa industri kecil di wilayah Jogjakarta.
3. Perencanaan gradasi campuran mengacu pada spesifikasi campuran yang ditetapkan oleh *British Standard Institution* BS 594, 1985.
4. Variasi limbah busa lateks yang ditambahkan kedalam campuran adalah : 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO).
5. Penelitian terhadap campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dengan dan tanpa *additive* limbah busa lateks menggunakan metode *Marshall*, dan pengujian *Immersion* dengan lama perendaman 24 jam pada suhu 60^o C.
6. Persyaratan kualitas *Marshall* campuran didasarkan pada peraturan Bina Marga, 1983.
7. Lokasi penelitian untuk pengujian bahan, pembuatan benda uji dan pengujian *marshall* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas

Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Penelitian untuk pengujian nilai kohesi dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

8. Penelitian ini hanya dilakukan uji fisik saja, tidak dilakukan uji kimia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hot Rolled Asphalt (HRA)

Hot Rolled Asphalt (HRA) adalah konstruksi lapis keras lentur bergradasi timpang (*gap grade*) yang pertama kali dikembangkan di Inggris. *Hot Rolled Asphalt* ini menggunakan proporsi mortar antara 50% - 80% dari total campuran, sedangkan untuk proporsi agregat kasar \pm 30% - 40% yang ditentukan berdasarkan perencanaan tebal lapisan perkerasan (*British Standard Institution 594, 1985*).

2.2. Limbah Busa Lateks

Limbah busa lateks merupakan busa yang dibuat dari lateks pekatan yang telah mengalami proses pengadukan serta vulkanisasi secara basah. Karakteristik dari busa lateks adalah bersifat elastis, dapat digunakan sebagai perekat, tahan terhadap air, tahan oksidasi, dan memiliki kuat tarik yang relatif besar (Kusnata, 1975).

Tri Wahyu Nuryata dan Doeva Rimbardi (1997), melakukan penelitian penggunaan lateks murni terhadap peningkatan kualitas *Split Mastic Asphalt* (SMA), dengan komposisi penambahan kadar lateks 1% - 5%. Hasil dari penelitian ini

menunjukkan bahwa penambahan lateks sebanyak 3% - 4% terhadap aspal optimum dapat menaikkan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* dari campuran beraspal.

M. Avif Maulana dan M. Bustanil Arifin (2003), melakukan penelitian penggunaan limbah busa lateks terhadap karakteristik *marshall* dan permeabilitas *Concrete Asphalt* (AC), dengan komposisi penambahan kadar busa lateks 0% - 5%. Dari penelitian tersebut, menunjukkan bahwa campuran beton aspal dengan kadar limbah busa lateks sebesar 0,35% memiliki karakteristik *marshall* dan koefisien nilai permeabilitas yang lebih baik dibandingkan campuran beton aspal tanpa limbah busa lateks.

2.3. Kohesi

Kohesi campuran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas campuran. Kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka penambahan jumlah aspal akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas (*Krebs, et al.* 1971).

Hveem dan *Vallegra* dalam Fauziah, M (2001) menyatakan bahwa nilai stabilitas tergantung dari gesekan antara batuan (*internal friction*), kohesi (*tensile strength*) dan inersia. Kohesi dipengaruhi oleh sifat-sifat reologi aspal (*rheologic properties of asphalt*), gradasi agregat, luas permukaan (*surface area*), kepadatan agregat dan adhesi antara agregat dengan aspal. Sifat reologi aspal dipengaruhi oleh temperatur, lama pembebanan, pengaruh waktu dan komposisi kimiawi dari aspal.

The Asphalt Institute (1983) menyatakan bahwa nilai kohesi campuran dapat ditingkatkan melalui modifikasi agregat dengan penggunaan kadar *filler* yang tinggi atau dengan menggunakan bitumen dengan penetrasi yang lebih keras.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Bahan Penyusun *Hot Rolled Asphalt*

3.1.1. Aspal

Aspal merupakan hasil terakhir dari penyulingan minyak bumi, aspal tersusun atas *asphaltenese* dan *maltenese*. Aspal juga merupakan senyawa hidrokarbon yang menjadi bahan dasar utama daripada aspal, dalam istilah Inggris aspal dikenal dengan sebutan bitumen.

Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi rongga antar agregat pada campuran beton aspal. Sifat-sifat yang terdapat pada aspal juga dapat mempengaruhi karakteristik daripada campuran suatu perkerasan. *Thermoplastis* adalah sifat yang dimiliki aspal dimana konsistensinya (viskositas) berubah sesuai dengan perubahan temperatur, *durability* adalah sifat keawetan aspal didasarkan pada daya tahannya untuk tetap mempertahankan sifat aslinya apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan pembebanan lalu lintas. *Rheology* yaitu sifat aspal dimana hubungan antara tegangan dengan regangannya dipengaruhi oleh waktu, sifat ini akan berpengaruh terhadap nilai

modulus kekakuan campuran, yang diwujudkan dalam bentuk waktu pembebanan (*time of loading*).

Dalam penelitian ini bitumen yang dipakai dalam perencanaan HRA (*Hot Rolled Asphalt*) adalah jenis aspal keras dengan tingkat kekerasan penetrasi 60 – 70. Adapun persyaratan aspal keras dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Persyaratan Aspal Keras

No.	Jenis Pemeriksaan	Penetrasi 60		Penetrasi 80		Satuan
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	
1.	Penetrasi (25 °C, 5 detik)	60	79	80	99	0,1 mm
2.	Titik Lembek (<i>ring ball</i>)	48	58	46	54	°C
3.	Titik Nyala (<i>cleveland open cup</i>)	200	-	225	-	°C
4.	Kehilangan Berat (163 °C, 5 jam)	-	0,8	-	0,1	% berat
5.	Kelarutan (CCL ₄)	99	-	99	-	% berat
6.	Daktilitas (25 °C, 5 cm / menit)	100	-	100	-	cm
7.	Penetrasi setelah kehilangan Berat	54	-	50	-	% semula
8.	Daktilitas setelah kehilangan berat	50	-	75	-	cm
9.	Berat Jenis 25 °C	1	-	1	-	-

Sumber : Bina Marga, 1987

3.1.2. Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui lebih dahulu sebelum agregat tersebut digunakan untuk bahan dasar konstruksi. Karena sifat material ini mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat-sifat agregat pada umumnya ditinjau dari ukuran butiran dan gradasi, kebersihan, kekerasan, bentuk butiran, permukaan butiran, juga kemampuan menyerap.

Agregat yang digunakan haruslah memenuhi beberapa persyaratan-persyaratan. Adapun persyaratan-persyaratan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3.2. dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	≤ 40	%
2.	Kelekatan terhadap Aspal	≥ 95	%
3.	Peresapan Agregat terhadap Air	$\leq 3,0$	%
4.	Berat Jenis Agregat Kasar	2,5	-
5.	Berat Jenis Kering Permukaan Kering	2,5	-
6.	Tingkat Keawetan (<i>Soundness</i>)	≤ 12	%

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.3. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	≥ 50	%
2	Peresapan Agregat terhadap Air	$\leq 3,0$	%
3	Berat Jenis Agregat Halus	$\geq 2,5$	-

Sumber : Bina Marga, 1983

Hot Rolled Asphalt memakai agregat bergradasi timpang (*gap graded*) yaitu gradasi yang dalam ukuran butirannya tidak mempunyai salah satu atau mengandung sedikit butiran dengan ukuran tertentu atau beberapa ukuran agregatnya dihilangkan.

Menurut *British Standard Institution* (1985), berdasarkan ukurannya agregat dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) fraksi, yaitu :

1. Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran terkecil yang tertahan oleh saringan BS. 2,36 mm.
2. Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran lolos saringan BS. 2,35 mm dan tertahan pada saringan BS. 0,075 mm.
3. *Filler* adalah fraksi dari agregat halus yang lolos saringan BS. 0,075 mm.

Selanjutnya *British Standard Institution* (1985), juga menjelaskan dalam komposisi agregat, baik agregat halus, agregat kasar, dan agregat campuran untuk *Hot Rolled Asphalt* haruslah sesuai dengan persyaratan seperti dalam tabel 3.4. sampai dengan tabel 3.6.

Tabel 3.4. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar *Hot Rolled Asphalt*

Tebal Lapisan (mm)	35
Kadar Agregat Kasar (%)	15 / 30
Ukuran Nominal Batuan (mm)	10 / 14 / 20
Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)
50,0	-
37,5	-
28,0	-
20,0	100
14,0	85 – 100
10,0	0 – 100
6,3	0 – 60

Sumber : *British Standard Institution* 594, 1985.

Tabel 3.5. Persyaratan Gradasi Agregat Halus *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)
5,000	100
2,360	95 – 100
0,600	75 – 100
0,212	15 – 100
0,075	0 – 5

Sumber : *British Standard Institution 594*, 1985.

Tabel 3.6. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)	
	Spesifikasi	Nilai Tengah
12,5 mm (1 / 2 “)	100	100
10 mm (3 / 8 “)	85 – 100	92,5
6,3 mm (1 / 4 “)	60 – 90	75
2,36 mm (# 8)	60 – 72	66
0,600 mm (# 30)	25 – 45	35
0,212 mm (# 70)	15 – 30	22,5
0,075 mm (# 200)	8 – 12	10

Sumber : *British Standard Institution 594*, 1985.

3.2. Bahan Tambah Limbah Busa Lateks.

Bahan tambah atau *additive* adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran, yang nantinya diharapkan dapat memperbaiki / menambah kekuatan

daripada perkerasan jalan. Dalam penelitian ini limbah busa lateks dimanfaatkan sebagai *additive* campuran *hot rolled asphalt*.

Limbah busa lateks ini dianggap mempunyai sifat elastis tinggi dan daya ikat yang kuat, sehingga diharapkan dapat memperkuat campuran aspal. Komposisi daripada busa lateks ini dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Komposisi Busa Lateks

No	Jenis Zat	Jumlah (%)
1	Lateks Pekatan	90
2	Belerang	4
3	Vulcafor S.D.C (atau Tipodene)	1
4	Captax	1
5	Ionol	2
6	Hitam Karbon	0,8
7	Actoo 600 (5%)	1,2

Sumber : Balai Penelitian Perkebunan Bogor, 1975

Dari tabel diatas dapat diambil suatu kesimpulan bahwa lateks pekatan mendominasi struktur daripada busa lateks. Lateks pekatan itu sendiri mengandung karet \pm 60%.

3.3. Karakteristik Perkerasan

Suatu lapis perkerasan dapat dikatakan baik apabila memiliki stabilitas, fleksibilitas, dan keawetan yang tinggi, kekesatan / tahanan gesek yang cukup serta mudah dalam pengerjaannya (Silvia Sukirman, 1992), disamping itu suatu perkerasan juga harus dapat memberikan kenyamanan dan rasa aman bagi lalu lintas

yang lewat. Dari segi biaya pembuatan serta pemeliharannya, suatu lapis perkerasan direncanakan tidak memerlukan biaya yang relatif banyak / mahal.

Untuk mendapatkan suatu campuran yang sebagaimana diisyaratkan, perlu diperhatikan karakteristik suatu campuran (Sukirman. S, 1992) yaitu :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas suatu lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk secara permanen seperti bergelombang, alur (*rutting*), ataupun *bleeding*

Stabilitas terjadi dari hasil pergeseran antar butiran, sehingga diperlukan penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dengan aspal. Untuk mendapatkan tingkat stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan cara penggunaan agregat, seperti yang diisyaratkan dibawah ini :

1. Agregat harus yang mempunyai gradasi yang rapat (*dense graded*).
2. Agregat dengan permukaan yang kasar.
3. Aspal dengan penetrasi yang rendah.
4. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butiran.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan suatu lapis perkerasan adalah kemampuan daripada lapisan tersebut untuk menahan keausan yang diakibatkan oleh air, perubahan temperatur, dan pengaruh dari cuaca, selain itu juga mampu untuk menahan keausan yang diakibatkan oleh beban dan juga gesekan roda kendaraan. Suatu lapisan perkerasan

dapat berubah karena adanya oksidasi dan pelapukan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan air.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas suatu lapisan aspal beton adalah

1. Film aspal atau selimut aspal.
 2. *Void In The Mix* (VIM).
 3. *Void In The Mineral Aggregate* (VMA)
3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan / fleksibilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa menimbulkan retak dan perubahan volume pada perkerasan.

Faktor-faktor yang dapat memberikan nilai fleksibilitas yang tinggi adalah dengan menggunakan :

1. Agregat yang bergradasi senjang, sehingga dapat diperoleh nilai VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) yang besar.
 2. Aspal dengan nilai penetrasi yang tinggi.
 3. Aspal yang cukup banyak, sehingga diperoleh nilai VIM (*Void In The Mix*) yang kecil.
4. Kekesatan / Tahanan Gesek (*Skid Resintance*)

Kekesatan adalah kemampuan lapisan permukaan pada suatu lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip atau tergelincirnya roda kendaraan, baik pada kondisi kering, terutama pada waktu / kondisi permukaan basah. Lapisan

permukaan yang kasar akan memiliki ketahanan gesek yang lebih baik daripada lapisan permukaan yang halus.

5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah kemampuan lapisan permukaan pada suatu lapis perkerasan untuk dapat menahan beban yang berulang akibat roda kendaraan yang melintas di atasnya tanpa mengalami kelelahan, biasanya dapat berupa keretakan atau alur (*rutting*).

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Suatu lapisan permukaan pada konstruksi lapis perkerasan haruslah memiliki sifat kedap air yang baik, sehingga baik udara maupun air tidak masuk kedalam lapisan dibawahnya. Lapis perkerasan yang kurang kedap air dan udara dapat mengakibatkan aspal akan mudah teroksidasi sehingga mengurangi daya lekat aspal.

7. Workabilitas (*Workability*)

Workabilitas adalah kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dikerjakan, baik sewaktu dihamparkan maupun waktu dipadatkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi workabilitas suatu campuran meliputi :

1. Gradasi agregat
2. Temperatur campuran
3. Kandungan bahan pengisi yang sedikit akan memudahkan dalam pelaksanaan.

3.4. Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode *Marshall*.

Metode *Marshall* adalah metode uji laboratorium untuk memeriksa kinerja campuran panas (*hot mix*) yang besar kemungkinan paling luas penggunaannya. Dari pengujian ini akan diketahui sifat-sifat *marshall* dan karakteristik campurannya.

Penelitian ini mengacu pada persyaratan tes *marshall* yang dikeluarkan oleh Bina Marga yang berlaku di Indonesia. Spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Persyaratan Kualitas *Marshall* Campuran

No.	Parameter	Persyaratan	Satuan
1.	Stabilitas	> 750	kg
2.	<i>Flow</i> (Kelelehan)	2 - 4	mm
4.	VITM	3 - 5	%
5.	VFWA	75 - 82	%

Sumber : Bina Marga, 1983

Pemeriksaan campuran aspal dengan metode ini untuk mencari nilai stabilitas, *flow*, VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), dan *Marshall Quontient*.

1. Stabilitas

Stabilitas dalam test *marshall* adalah beban maksimal yang dapat didukung oleh sampel benda uji pada suhu 140° F dengan kecepatan pembebanan adalah 2 inch per menit. Stabilitas *marshall* sebenarnya tidak berkaitan langsung dengan stabilitas dilapangan. Hal ini disebabkan stabilitas dilapangan dipengaruhi oleh banyak faktor-faktor selain suhu dan kecepatan pembebanan konstan, yaitu suhu lingkungan yang

tidak tetap, tipe pembebanan, tekanan alat pemadat, dan variabilitas campuran yang dibuat.

Naiknya nilai stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada batas tertentu (optimum) dan akan turun setelah batas optimum, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melampaui batas optimum.

Angka stabilitas benda uji di dapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi *proving ring* alat dan koreksi ketebalan benda uji, untuk itu digunakan bantuan tabel koreksi benda uji. Nilai stabilitas dapat diketahui dengan persamaan (1)

$$S = P \times \text{koreksi tebal sampel} \quad (1)$$

dengan :

S = Stabilitas (Kg).

P = O x kalibrasi *proving ring*.

O = Nilai pembacaan arloji stabilitas pada alat *Marshall*

2. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan adalah besarnya deformasi *vertikal sample* 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 dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Nilai *flow* yang relatif tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan nilai *flow* yang rendah

mengindikasikan campuran tersebut memiliki rongga tidak terisi aspal yang tinggi dari kondisi normal, atau kandungan aspal yang terlalu rendah.

Nilai *flow* ini didapat dengan membaca arloji pada alat *Marshall*. Nilai kelelahan ini dinyatakan dalam milimeter.

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

Void In Total Mix adalah prosentase antara rongga udara dengan volume total suatu campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Pengujian VITM ini dilakukan untuk mengetahui prosentase rongga udara dalam campuran yang telah dipadatkan. Nilai VITM ini diperoleh dari persamaan (2)

$$\text{VITM} = 100 - \left[100 \times \frac{g}{h} \right] \quad (2)$$

$$h = \left[100 \div \left(\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{BJ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{BJ Aspal}} \right) \right] \quad (3)$$

dengan :

g = Berat isi benda uji

h = Berat jenis maksimum

4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

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

aspal, maka prosentase kadar aspal yang mengisi rongga adalah prosentase kadar maksimum. Nilai VFWA dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$VFWA = \left[100 \times \frac{i}{l} \right] \quad (4)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (5)$$

$$l = \left[100 - \frac{[100 - b] \times g}{BJ \text{ Agregat}} \right] \quad (6)$$

$$b = \left[\frac{a}{(100 + a)} \times 100 \right] \quad (7)$$

$$g = \frac{c}{f} \quad (8)$$

$$f = d - e \quad (9)$$

dengan :

i = Volume aspal (%)

l = Kadar rongga dalam agregat (%)

b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

g = Berat isi benda uji (gram / cc)

a = Prosentase aspal terhadap campuran (%)

c = Berat benda uji sebelum di rendam (gram)

f = Isi sampel (cc)

d = Berat dalam keadaan jenuh (SSD), (gram)

e = Berat dalam air (gram)

5. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (QM) adalah nilai hasil bagi stabilitas dan keelehan (*flow*). Nilai ini digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Fleksibilitas akan naik yang diakibatkan penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai batas optimum, ini disebabkan oleh berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin.

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai flow, seperti tercantum pada persamaan (10).

$$s = \frac{q}{r} \quad (10)$$

dengan :

q = Stabilitas (kg)

r = *Flow* (mm)

s = *Marshall Quotient* (kg / mm)

3.5. Uji Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*).

Uji perendaman *marshall* dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca. Prinsip kerja pada pengujian ini sama dengan pengujian *marshall* standard, hanya saja waktu perendamannya yang berbeda. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 24 jam pada suhu 60 °C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah prosentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam dengan pengujian *Immersion* (S_2) yang dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S_1). Nilai indeks ini dapat dihitung dengan persamaan (11).

$$\text{Indeks of retained strength} = \frac{(S_2 \times 100\%)}{S_1} \quad (11)$$

dengan :

S_1 = Stabilitas sebelum direndam

S_2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks tahanan campuran ≥ 75 %, maka campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup memuaskan dari kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

3.6. Nilai Kohesi

Nilai kohesi campuran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas campuran. Kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka penambahan jumlah aspal akan menyebabkan penurunan nilai stabilitas (*Krebs, et al. 1971*).

Hveem dan *Vallegra* dalam Fauziah, M (2001) menyatakan bahwa nilai kohesi campuran (*tensile strength*) bersama dengan nilai gesekan antara batuan (*internal friction*), dan inersia merupakan faktor yang sangat mempengaruhi nilai

stabilitas campuran. Nilai kohesi juga dipengaruhi oleh sifat-sifat reologi aspal (*rheologic properties of asphalt*), gradasi agregat, luas permukaan (*surface area*), kepadatan agregat dan adesi antara agregat dengan aspal. Sifat reologi aspal dipengaruhi oleh temperatur, lama pembebanan, pengaruh waktu dan komposisi kimiawi dari aspal.

Bina Marga tidak memberikan standar teknis khusus dari tentang nilai kohesi sebagai salah satu parameter yang perlu diuji, maka dipergunakan rekomendasi dari *The Asphalt Institute*. Rekomendasi yang diberikan oleh *The Asphalt Institute* untuk kriteria desain metode *Hveem* adalah seperti pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Persyaratan Rencana Perkerasan Metode *Hveem*

Nilai	Lalu Lintas			Satuan
	Ringan	Sedang	Berat	
Stabilometer	≥ 30	≥ 35	≥ 37	kg / cm ²
Cohesiometer	≥ 50	≥ 50	≥ 50	gram / inch
Swell	$\leq 0,75$	$\leq 0,75$	$\leq 0,75$	mm

Sumber : *The Asphalt Institute*, (1983)

Selanjutnya *The Asphalt Institute* (1983) menjelaskan bahwasan nilai kohesi campuran dapat ditingkatkan melalui modifikasi gradasi agregat dengan penggunaan kadar *filler* yang tinggi atau dengan menggunakan bitumen dengan penetrasi yang lebih keras.

Pengujian kohesi ini dilakukan dengan menggunakan alat *Cohesiometer*.

Nilai kohesi campuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (12).

$$C = \frac{L}{W (0,002 H + 0,044 H^2)} \quad (12)$$

dengan :

C = Nilai Kohesi (gram / inch lebar)

L = Berat Shot (gram)

W = Diameter atau Lebar Sampel (inch)

H = Tinggi sampel (inchi)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Cara Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan IV tahap, tahap I untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), tahap II untuk mencari pengaruh limbah busa lateks terhadap campuran HRA, tahap III dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek terhadap aspal dengan kadar limbah busa 0%, 2% dan 4%. Tahap IV dibuat model campuran HRA dengan dan tanpa limbah busa lateks pada KAO untuk pengujian terhadap durabilitas dengan uji perendaman *Marshall* dan kohesi.

4.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian yang dilakukan adalah :

1. Agregat diperoleh dari hasil *stone crusher* dari PT. Perwita Karya, Jogjakarta
2. Aspal keras penetrasi 60/70 diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap
3. Limbah busa lateks diperoleh dari tempat pembuatan jok mobil / motor di wilayah Jogjakarta.

4.2.1. Pemeriksaan Bahan

a. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat yang dilakukan meliputi :

1. Pemeriksaan keausan agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0206-76.

2. Pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penyerapan agregat terhadap air. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0202-76.

3. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis merupakan perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya lapis perkerasan direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan untuk menentukan banyak pori. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0202-76 untuk berat jenis agregat kasar dan PB-0203-76 untuk berat jenis agregat halus.

4. Pemeriksaan *sand equivalent*

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus. Lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang, adanya lempung juga mengakibatkan luas daerah

yang harus diselimuti aspal bertambah. Prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T176-73.

5. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah prosentasi luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0205-76.

b. Pemeriksaan Aspal

1. Pemeriksaan penetrasi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukkan jarum, dibebani dengan berat tertentu dalam waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76.

2. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terjadi nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Sedangkan pemeriksaan titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu pada saat dimana aspal terlihat terbakar singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Syarat minimum pemeriksaan ini menurut prosedur PA-0303-76.

3. Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal pada saat mulai mengalami kelembekan atau mencapai tingkat viskositas yang rendah. Hal ini

dapat diketahui dengan melihat suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak aspal sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pemeriksaan ini mengikuti PA-0302-76.

4. Pemeriksaan Daktilitas

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai elastisitas aspal. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara mengukur jarak terpanjang aspal apabila aspal yang diletakkan pada 2 cetakan yang berada pada suhu 25°C ditarik dengan kecepatan 25 mm/detik sampai aspal itu putus. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0300-76.

5. Pemeriksaan berat jenis aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan menggunakan picnometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara bitumen dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76.

6. Pemeriksaan kelarutan dalam CCL₄

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam *carbon tetra chlorida* (CCL₄). Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.

4.2.2. Persyaratan Bahan

Persyaratan pemeriksaan agregat dan aspal sesuai spesifikasi Bina Marga, 1983 dapat dilihat pada Tabel 4.1. sampai dengan Tabel 4.3. berikut ini.

Tabel 4.1. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan, dan Syarat Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Cara Pemeriksaan	Syarat
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	PA-0206-76	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan terhadap aspal	PA-0206-76	$\geq 95,5 \%$
3	Peresapan agregat dengan air	PA-0206-76	$\leq 3 \%$
4	Berat jenis semu	PA-0206-76	$\geq 2,5$

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 4.2. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan, dan Syarat Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Cara Pemeriksaan	Syarat
1	<i>Sand Equivalent</i>	AASHTO. T176-73	$\geq 50 \%$
2	Berat jenis semu	PA-0203-76	$\geq 2,5$
3	Peresapan terhadap air	PA-0203-76	$< 3 \%$

Sumber : Bina Marga, 1983

Tabel 4.3. Jenis Pengujian, Cara Pemeriksaan, dan Syarat Aspal 60 / 70

No	Pengujian	Cara Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Penetrasi	PA-0301-76	60 - 79	0,1 mm
2	Titik Lembek	PA-0302-76	45 - 58	$^{\circ}\text{C}$
3	Titik Nyala	PA-0303-76	≥ 200	$^{\circ}\text{C}$
4	Kelarutan dalam CCl_4	PA-0305-76	≥ 99	% berat
5	Daktilitas	PA-0306-76	≥ 100	cm
6	Berat Jenis	PA-0307-76	≥ 1	-

Sumber : Bina Marga, 1987

4.3. Alat yang digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta untuk uji *Marshall Standard* dan *Immersion Test*. Sedangkan untuk uji nilai kohesi dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dibawah ini.

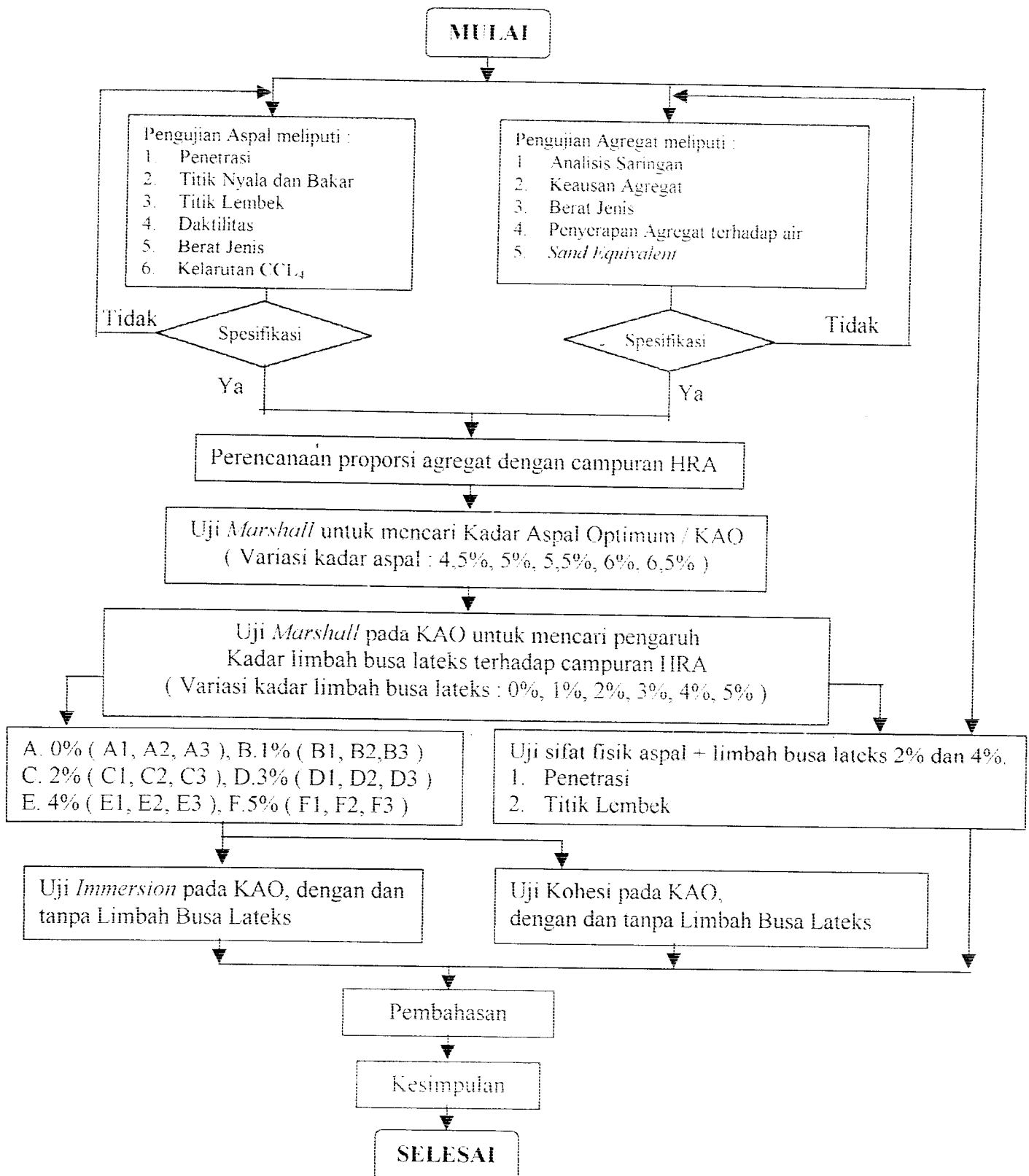
1. Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari :
 - a. Kepala penekan yang berbentuk silinder
 - b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm
 - c. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm dan perlengkapannya
2. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
3. *Ejektor* untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan.
4. Oven untuk memanaskan bahan sampai suhu yang diinginkan.
5. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").
6. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi pengatur suhu minimum 20°C.
7. Perlengkapan-perlengkapan lain seperti :
 - a. Panci untuk memanaskan bahan campuran.
 - b. Kompor gas.

- c. Termometer berkapasitas 400°C.
- d. Sendok pengaduk.
- e. Spatula.
- f. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- g. Sarung tangan karet.
- h. Kawat pengaduk bahan tambah.
- i. Perlengkapan lainnya.

4.4. Jalannya Penelitian

Bahan-bahan untuk penelitian ini yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan aspal harus diuji terlebih dahulu sebelum digunakan, untuk campuran aspal dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui sifat-sifat bahan apakah telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan atau tidak. Pengujian ini mengacu pada metode AASHTO dan Bina Marga.

Setelah pengujian awal selesai, dilakukan penyaringan terhadap semua jenis agregat dengan saringan sebanyak tujuh buah dan pan. Spesifikasi saringan yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 3.4. Kemudian setelah dilakukan penyaringan dilakukan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang ditentukan dalam spesifikasi. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Alur Penelitian Campuran HRA + Limbah Busa Lateks

Pada penelitian ini dibuat 51 benda uji. Tiap-tiap variasi dibuat 3 benda uji (*triplo*), dan tiap variasi diberi penomoran A, B dan C. Adapun perinciannya sebagai berikut.

1. Untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dibuat 5 variasi aspal (4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%). $\Sigma = 5 \times 3 = 15$ buah benda uji.
2. Untuk mencari kadar limbah busa lateks optimum pada KAO, dibuat 6 variasi (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%). $\Sigma = 6 \times 3 = 18$ buah benda uji.
3. Untuk mencari nilai *Immersion* pada KAO dengan dan tanpa limbah busa lateks. $\Sigma = 3 \times 3 = 9$ buah benda uji.
4. Untuk mencari nilai Kohesi pada KAO dengan dan tanpa limbah busa lateks. $\Sigma = 3 \times 3 = 9$ buah benda uji.

Sehingga total benda uji : $\Sigma_{\text{total}} = 15 + 18 + 9 + 9 = 51$ buah benda uji.

Jumlah berat campuran untuk masing-masing benda uji sebesar 1200 gram. Untuk berat masing-masing agregat dan aspal tergantung variasi kadar aspal yang dipakai.

4.5. Pola Pencampuran

4.5.1. Pencampuran Aspal Biasa

Pencampuran aspal biasa ini dilakukan untuk mencari nilai kadar aspal optimum (KAO). Agregat yang telah siap kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu = 170°C, kemudian dipindahkan kedalam oven dengan suhu 170°C agar

diperoleh suhu yang merata dan konstan. Aspal dipanaskan hingga mencapai suhu 155°C, kemudian dipindahkan kedalam oven agar diperoleh suhu yang merata dan konstan. Selanjutnya agregat dicampur dengan aspal sesuai prosentase yang telah ditentukan pada suhu 160°C. Agar suhu pencampuran tetap, pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga merata. Cetakan benda uji sebelumnya dibersihkan dan diolesi vaselin kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 90°C -- 149,5°C.

Selanjutnya campuran panas tersebut dimasukkan kedalam cetakan benda uji, tiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam benda uji ditusuk-tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak ± 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Setelah suhu kira-kira 140°C benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk pada sisi atas dan sisi bawah sebanyak 75 kali untuk masing-masing sisi, sehingga untuk 1 benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai benda uji didinginkan dengan bantuan kipas angin, hal ini dimaksudkan agar pendinginan dapat lebih cepat, kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut *ejektor*.

4.5.2. Campuran Aspal dengan Limbah Busa Lateks

Sedangkan pola pencampuran kedua yang menggunakan bahan tambah limbah parutan busa lateks dilakukan pola yang berbeda. Aspal dipanaskan pada suhu 155°C, kemudian ditimbang sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah

ditentukan. Parutan busa lateks dicampurkan kedalam aspal yang besarnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan, selanjutnya aspal dan parutan busa lateks dipanaskan hingga bercampur merata, kemudian dimasukkan kedalam oven agar suhu konstan. Agregat dipanaskan sampai suhu 170 °C, dimasukkan kedalam oven agar diperoleh suhu yang konstan.

Selanjutnya agregat dengan aspal yang telah dicampur dengan parutan busa lateks dicampurkan pada suhu 160 °C, diaduk hingga merata. Setelah itu campuran tersebut dimasukkan kedalam benda uji, setiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam benda uji ditusuk-tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak ± 15 kali dibagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Setelah suhu kira-kira 140 °C benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk pada sisi atas dan sisi bawah sebanyak 75 kali, sehingga untuk satu benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai benda uji didinginkan dengan bantuan kipas angin agar pendinginannya lebih cepat, dan benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat *ejektor*.

4.6. Cara Melakukan Pengujian

Pengujian terhadap campuran dilakukan dengan 3 (tiga) cara yaitu pengujian *marshall standard*, *immersion* dan kohesi. Uraian pengujian dijelaskan dibawah ini.

4.6.1. Pengujian *Marshall Standard*

Pengujian yang dilakukan menggunakan metode *Marshall*. Adapun urutan langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Benda uji diberi tanda pengenal.
3. Mengukur ketinggian benda uji 3 kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Direndam didalam air selama 20 – 24 jam agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang didalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
8. Benda uji direndam kedalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 1 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
10. Arloji kelelehan (*flow meter*) dipasang pada posisi salah satu batang penuntun.
11. Kepala penekan benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
13. Setelah pembebanan selesai benda uji dikeluarkan dari alat uji.

14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.6.2. Pengujian Rendam *Marshall* (*Immersion Test*)

Uji yang dilakukan hampir sama dengan uji *Marshall* standard, yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *water bath*. Pada uji rendaman *Marshall* lama perendaman 24 jam dengan suhu 60°C.

4.6.3. Pengujian Kohesi

Pengujian kohesi menggunakan seperangkat alat uji pemeriksaan kohesi, yaitu *Cohesiometer Reinhart Cat. No.100* yang dilengkapi dengan termometer, besi pemberat dan timbangan.

4.7. Lokasi Pengujian

Lokasi penelitian untuk pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji, pengujian *marshall*, *immersion test*, dan sifat fisik aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta, sedangkan untuk pengujian nilai kohesi dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Bahan

5.1.1. Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan adalah agregat yang dihasilkan dari *stone crusher* PT. Perwita Karya, Jogjakarta. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Pengujian meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar. Adapun data-data yang diperoleh dalam pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	31.2 %	$\leq 40 \%$
2.	Kelekatan terhadap aspal	98 %	$\geq 95,5 \%$
3.	Penyerapan agregat terhadap air	1,96 %	$\leq 3 \%$
4.	Berat jenis agregat	2,58	$\geq 2,5$

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII - Jogjakarta

*) Bina Marga, 1987

Tabel 5.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)
1.	Nilai <i>sand equivalent</i>	68,13 %	$\geq 50 \%$
2.	Penyerapan agregat	3 %	$\leq 3 \%$
3.	Berat jenis	2,60	$\geq 2,5$

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII - Jogjakarta

*) Bina Marga, 1983

Tabel diatas menunjukkan bahwa agregat kasar dan agregat halus yang ingin digunakan telah memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga. Hasil diatas merupakan rekapitulasi, sedangkan hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

5.1.2. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan didalam penelitian ini adalah aspal keras AC 60/70 yang diperoleh dari PT. Pertamina - Cilacap. Pengujian aspal ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Hasil pemeriksaan laboratorium diperoleh data – data yang memenuhi persyaratan dari spesifikasi Bina Marga seperti tercantum pada Tabel 5.3. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 5.3. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat *)		Satuan
			Min.	Maks.	
1.	Penetrasi	61.4	60	80	0,1 mm
2.	Titik Lembek	52	48	58	°C
3.	Titik Nyala	320	200	-	°C

Lanjutan Tabel 5.3

4.	Titik Bakar	332	200	-	°C
5.	Daktilitas	165	100	-	cm
6.	Berat Jenis	1,031	1	-	-
7.	Kelarutan dalam CCL ₄	99	99	-	%

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Jogjakarta

*) Bina Marga, 1987

5.2. Hasil Pengujian *Marshall* (*Marshall Test*)

Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Hasil pemeriksaan terhadap campuran aspal diperoleh nilai-nilai stabilitas, *flow* (kelelahan) dan dengan analisa data yang ada dapat diperoleh nilai – nilai VITM (*Void in Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), *density* dan *Marshall Quotient*. Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 menyajikan secara ringkas hasil – hasil perhitungan tes *Marshall*.

5.2.1. Pemeriksaan Campuran HRA dengan Variasi Kadar Aspal

Pemeriksaan campuran HRA untuk berbagai variasi kadar aspal yang diperoleh dari uji *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini. Pengujian dilakukan dengan membuat tiga buah benda uji (*triplo*) untuk tiap variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Hasil pengujian ini untuk campuran HRA selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 5.4. Hasil Uji *Marshall* untuk campuran HIRA dengan variasi kadar aspal.

No	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VFWA (%)	VITM (%)	MQ (kg/mm)	Density
1.	4.5 (A)	2472.880	1.90	54.682	7.806	1301.516	2.244
	4.5 (B)	2977.300	6.30	60.030	6.368	472.587	2.279
	4.5 (C)	2422.150	2.20	55.254	7.642	1100.977	2.248
Rata-rata		2624.110	3.467	56.655	7.272	958.360	2.257
2.	5 (A)	2890.237	5.10	60.180	6.948	566.713	2.250
	5 (B)	2075.267	4.95	56.407	8.023	419.246	2.224
	5 (C)	2431.062	2.20	77.634	3.143	1105.028	2.342
Rata-rata		2465.552	4.083	64.740	6.038	696.996	2.272
3.	5.5 (A)	2851.846	4.30	74.726	3.997	663.220	2.306
	5.5 (B)	3389.310	2.10	79.461	3.081	1613.957	2.328
	5.5 (C)	3121.949	3.45	78.343	3.289	904.913	2.323
Rata-rata		3121.035	3.283	77.510	3.456	1060.697	2.319
4.	6 (A)	3004.310	2.25	88.302	1.760	1335.249	2.345
	6 (B)	2716.589	3.70	88.550	1.718	734.213	2.345
	6 (C)	2281.477	3.10	94.744	0.754	735.960	2.369
Rata-rata		2667.459	3.017	90.532	1.411	935.141	2.353
5.	6.5 (A)	2592.164	6.80	101.769	-0.253	381.201	2.377
	6.5 (B)	2403.212	3.90	99.979	0.000	616.208	2.371
	6.5 (C)	2269.686	3.55	98.540	0.211	639.348	2.366
Rata-rata		2421.687	4.750	100.096	-0.014	545.586	2.371

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII - Jogjakarta

Nilai yang didapat dari uji *marshall* ini dipergunakan untuk mencari nilai kadar aspal optimum (KAO). Nilai kadar aspal optimum yang didapat adalah sebesar 5,4 %.

5.2.2. Pemeriksaan Campuran HRA pada KAO dengan Variasi Limbah Busa Lateks

Setelah diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,4 % maka selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada KAO untuk masing – masing variasi kadar busa lateks. Tabel 5.5 menyajikan secara ringkas hasil perhitungan tes *Marshall* pada kadar aspal optimum untuk masing – masing variasi kadar LBL dan secara rinci hasil perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada lampiran 3.

Tabel 5.5. Hasil Uji *Marshall* untuk campuran aspal optimum dengan variasi kadar limbah busa lateks

No	Parutan Busa Lateks (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	MQ (kg/mm)	Density
1.	0% (A)	3080.817	4.57	0.642	94.939	674.139	2.390
	0% (B)	2427.429	7.50	0.707	94.318	323.657	2.388
	0% (C)	2376.681	6.80	0.457	96.202	349.512	2.394
Rata - rata		2628.309	6.290	0.602	95.153	449.103	2.391
2.	1% (A)	3458.207	3.60	2.412	82.971	960.613	2.347
	1% (B)	3892.770	4.30	2.370	83.222	905.295	2.348
	1% (C)	4063.470	1.90	2.450	82.480	2138.668	2.345
Rata - rata		3804.816	3.267	2.411	82.891	1339.859	2.347
3	2% (A)	3760.872	6.10	2.536	82.238	616.536	2.344
	2% (B)	3680.082	4.50	1.746	87.101	817.796	2.363
	2% (C)	4021.618	4.10	2.453	82.728	980.882	2.346
Rata - rata		3820.857	4.900	2.245	84.022	805.071	2.351

Lanjutan Tabel 5.5.

4	3%	(A)	3600.422	1.13	2.786	80.793	3186.214	2.338
	3%	(B)	3083.422	5.10	2.370	83.222	604.593	2.348
	3%	(C)	3658.110	1.70	1.830	86.566	2151.829	2.361
Rata – rata			3447.318	2.643	2.329	83.527	1980.879	2.349
5	4%	(A)	3626.507	2.64	2.620	81.754	1373.677	2.342
	4%	(B)	3045.100	5.05	4.033	74.191	602.990	2.308
	4%	(C)	3717.649	1.75	3.160	78.712	2124.371	2.329
Rata – rata			3463.085	3.147	3.271	78.219	1367.013	2.326
6	5%	(A)	2186.187	5.10	4.075	73.985	428.664	2.307
	5%	(B)	2259.506	4.50	3.992	74.394	502.112	2.309
	5%	(C)	2902.851	6.70	4.033	74.191	433.261	2.308
Rata – rata			2449.515	5.433	4.033	74.190	454.679	2.308

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya, UII – Jogjakarta

Tabel 5.5 diatas, tidak dicari kadar limbah busa lateks optimum, untuk penelitian selanjutnya digunakan kadar LBL 2 % dan 4 %.

5.3. Hasil Uji Sifat Fisik Aspal dengan Limbah Busa Lateks pada kadar 2% dan 4% pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil uji *Marshall* dengan LBL pada KAO tidak dicari kadar busa lateks optimum, maka untuk uji sifat fisiknya diambil pada kadar LBL 2% dan 4%. Hasil pengujian sifat fisik aspal dengan limbah busa lateks pada kadar 2% dan 4% seperti tercantum secara ringkas pada Tabel 5.6. Pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 5.6. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal dengan Limbah Busa Lateks .

No.	Jenis Pemeriksaan	Kadar Busa Lateks			Satuan
		0 %	2 %	4%	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	61.4	57.8	51.8	0.1 mm
2	Titik Lembek	52	57.55	59.5	°C

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratprium Jalan Raya UII - Jogjakarta

5.4. Hasil *Immersion Test* Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks

Dalam penelitian ini, pemeriksaan campuran dengan uji perendaman (*Immersion Test*) dilakukan pada campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum dengan dan tanpa limbah busa lateks. Pengujian ini sama dengan pengujian *Marshall* biasa, hanya yang membedakan yaitu pada saat perendaman. Jika pada uji *Marshall* direndam selama 0,5 jam sedangkan dalam pengujian *Immersion* perendaman dilakukan selama 24 jam. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sedangkan hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 5.7. Hasil Uji *Immersion Test* Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks selama 24 jam.

No	Kadar LBL	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VFWA (%)	VITM (%)	MQ (kg/mm)
I.	0 % I	2176.322	1.82	75.648	3.742	1195.781
	0 % II	2011.182	2.65	72.982	4.283	758.937
	0 % III	1953.316	3.70	75.016	3.867	527.923



Lanjutan Tabel 5.7.

2.	2 %	I	3676.962	4.10	68.809	5.198	896.820
	2 %	II	2917.521	2.50	78.036	3.285	1167.008
	2 %	III	3541.123	1.53	69.722	4.990	2314.459
3.	4 %	I	3152.079	2.00	80.800	2.786	1576.039
	4 %	II	2898.600	3.25	81.027	2.744	891.877
	4 %	III	3441.239	5.10	76.713	3.534	674.753

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya, UII - Jogjakarta

Tabel 5.8. Nilai Stabilitas pada Perendaman 0,5 jam, 24 jam dan nilai IP

Kadar LBL	Stabilitas pada berbagai waktu perendaman		Indeks Perendaman
	0,5 jam	24 jam	
0 % I	3080.817 kg	2176.322 kg	70.64 %
0 % II	2427.429 kg	2011.182 kg	82.85 %
0 % III	2376.681 kg	1953.316 kg	82.19 %
2 % I	3760.872 kg	3676.962 kg	97.77 %
2 % II	3680.082 kg	2917.521 kg	79.28 %
2 % III	4021.618 kg	3541.123 kg	88.05 %
4 % I	3626.507 kg	3152.079 kg	86.92 %
4 % II	3045.100 kg	2898.600 kg	95.19 %
4 % III	3717.649 kg	3441.239 kg	92.56 %
Syarat Indeks Perendaman			$\geq 75 \%$

5.5. Hasil Uji Nilai Kohesi Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks

Pengujian nilai kohesi dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta. Pengujian nilai kohesi ini dilakukan pada campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum yang mana terdiri atas campuran HRA tanpa limbah busa lateks (0 %) dan campuran HRA dengan kadar limbah busa lateks 2% dan 4%. Hasil uji kohesi secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 5.8. Perhitungan secara rinci dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 5.9. Hasil Uji Nilai Kohesi Campuran HRA pada Kadar Aspal Optimum Dengan dan Tanpa Limbah Busa Lateks

No.	Kadar Busa Lateks		Berat Shot (gr)	Tinggi (inch)	Diameter (inch)	Nilai Kohesi (gr / inch)
1.	0%	I	4606.9	2.52	4.08	3969.46
	0%	II	4371.9	2.57	4.08	3623.07
	0%	III	2976.9	2.47	4.08	2668.93
2.	2%	I	3468.9	2.48	4.08	3085.23
	2%	II	5449.9	2.48	4.08	4847.13
	2%	III	5491.9	2.49	4.08	4845.68
3.	4%	I	4365.9	2.43	4.08	4042.96
	4%	II	6136.9	2.49	4.08	5414.78
	4%	III	4663.9	2.51	4.08	4050.37
Syarat *)						≥ 50

Sumber : Hasil Penelitian di Lab. T. Transportasi JTS FT UGM - Jogjakarta

*) *The Asphalt Institute*, (1983)

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1. Sifat Fisik Bahan

6.1.1. Agregat

Agregat merupakan bahan yang digunakan dalam campuran perkerasan. Penggunaan agregat yang baik akan menghasilkan suatu campuran perkerasan yang baik pula. Pemeriksaan sifat fisik agregat meliputi pemeriksaan terhadap keausan, penyerapan terhadap air, berat jenis, *sand equivalent*, dan kelekatan terhadap aspal. Pemeriksaan laboratorium untuk agregat kasar dan agregat halus menunjukkan bahwa karakteristik agregat dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran HRA. Hasil pemeriksaan terhadap agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Pengujian terhadap tingkat keausan agregat dengan menggunakan mesin *Los Angeles* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran merupakan komponen yang mendukung beban sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai keausan sebesar 31.2 % jauh lebih rendah dibandingkan dengan persyaratan ($\leq 40\%$).

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dapat dilekati oleh aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin besar daya lekat agregat terhadap aspal maka *internal friction* akan semakin meningkat, sehingga stabilitas campuran akan semakin baik. Hasil pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal menunjukkan nilai lekatan sebesar 98 % lebih besar dari yang disyaratkan (≥ 95.5 %).

Pengujian penyerapan terhadap air bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat. Semakin besar nilai penyerapan mengindikasikan agregat makin bersifat porus. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penyerapan terhadap air oleh agregat sebesar 1,96 % untuk agregat kasar dan sebesar 3,31 % untuk agregat halus.

Berat jenis dan penyerapan adalah dua parameter yang saling berkaitan erat. Berat jenis yang tinggi menunjukkan batuan yang padat dan kuat serta menunjukkan porositas yang rendah. Sebaliknya batuan dengan nilai berat jenis kecil menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan porositas yang tinggi. Hasil pemeriksaan berat jenis curah menunjukkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,58 dan untuk agregat halus sebesar 2,60 nilai ini lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan ($\geq 2,5$).

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat dari debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pemeriksaan diperoleh nilai *sand equivalent* agregat halus sebesar 68,13 %. Nilai ini lebih besar daripada spesifikasi yang disyaratkan ($\geq 50\%$), ini mengindikasikan bahwa agregat dalam keadaan bersih

dan terbebas dari kandungan lumpur, debu, maupun kotoran lain yang dapat mengganggu kelekatan agregat dengan aspal.

6.1.2. Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Nilai kekerasan aspal ditunjukkan oleh angka penetrasi. Angka penetrasi yang kecil menunjukkan aspal semakin keras. Semakin keras aspal menunjukkan semakin pekatnya aspal dan semakin besar nilai kohesinya. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasi aspal sebesar 61,4 mm, dengan demikian nilai ini sesuai dengan persyaratan untuk aspal keras yang diberikan oleh Bina Marga (60 – 79 mm).

Pemeriksaan titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur, dimana aspal akan mencapai titik lembek apabila menerima temperatur yang tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai titik lembek aspal sebesar 52°C, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan (48°C – 58°C).

Aspal merupakan bahan yang bersifat *thermoplastic*, yaitu kekentalannya dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur aspal semakin lunak atau cair. Apabila pemanasan aspal terlalu besar maka aspal akan rusak. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada temperatur 320°C dan titik bakar pada temperatur 332°C. Nilai ini jauh lebih besar spesifikasi yang disyaratkan.

Pemeriksaan kelarutan dalam CCL_4 bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam CCL_4 . Jumlah aspal yang larut menunjukkan tingkat kemurnian aspal. Semakin besar aspal yang larut kemurnian aspal makin tinggi artinya makin kecil kandungan bahan lain yang dapat mengganggu ikatan aspal dan batuan. Hasil pemeriksaan menunjukkan kelarutan aspal dalam CCL_4 sebesar 99 %, nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan ($\geq 99\%$).

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui keliatan atau kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat menggambarkan fleksibilitas campuran. Fleksibilitas campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan tanpa mengalami kerusakan. Hasil pemeriksaan daktilitas menunjukkan nilai 165 cm lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan (>100 cm).

Berat jenis aspal perlu diketahui untuk merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,07 gr/cc, sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebesar $> 1,00$ gr/cc.

6.2. Karakteristik *Marshall* Campuran *Hot Rolled Asphalt*

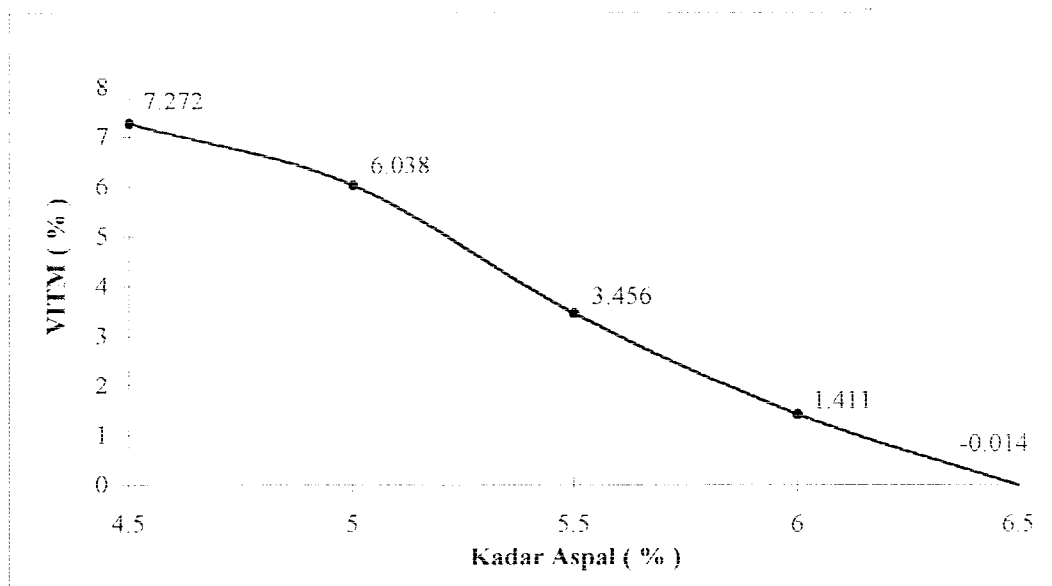
6.2.1. Pengaruh Kadar Aspal terhadap VITM (*Void In The Mix*)

Nilai VITM menyatakan prosentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM juga dapat mengindikasikan tingkat kedapatan suatu campuran. Semakin besar rongga dalam campuran menunjukkan campuran semakin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi

oleh air. Akibatnya dapat menyebabkan kerusakan pada perkerasan. Besarnya nilai VITM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi batuan dan cara pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.1. dan Tabel 5.4 dimana menunjukkan bahwa dengan menambahkan kadar aspal dapat menurunkan nilai VITM, hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VITM menjadi semakin kecil. Penambahan kadar aspal 6,5 % menunjukkan nilai VITM dibawah 0 (nol). Secara teoritis nilai VITM tidak mungkin dibawah 0 (nol). Hal ini kemungkinan terjadi karena ada kesalahan pada waktu penimbangan sampel.

Bina Marga (1983) mensyaratkan nilai VITM untuk suatu campuran adalah 3 – 5 %. Nilai VITM yang didapatkan dari hasil pengujian yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 5,2 - 5,6 %. Perkerasan yang memiliki VITM yang terlalu rendah ($< 3\%$) akan mudah mengalami *bleeding* pada saat temperatur perkerasan tinggi, dikarenakan aspal yang mencair akan mencari tempat yang kosong dan mudah ditembus ketika menerima beban. Nilai VITM yang rendah menunjukkan rongga yang ada dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup dan mengakibatkan aspal naik kepermukaan. Sebaliknya nilai VITM yang terlalu besar ($> 5\%$) akan mengurangi kekedapan campuran, sehingga keawetan perkerasan menjadi menurun.

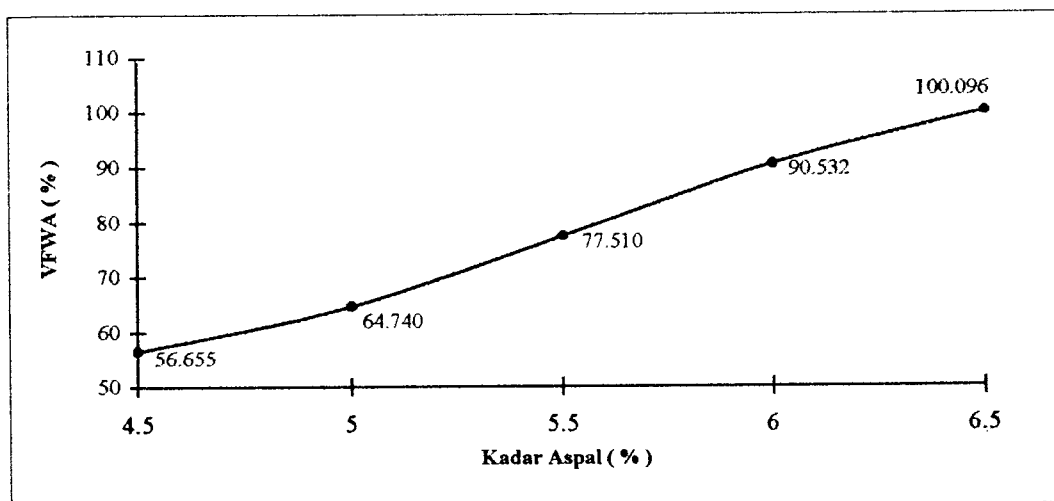


Gambar 6.1. Grafik Hubungan Antar Kadar Aspal dengan Nilai VITM

6.2.2. Pengaruh Kadar Aspal terhadap VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFWA menentukan tingkat keawetan campuran. Semakin besar nilai VFWA berarti rongga yang terisi aspal semakin besar sehingga kedapatan campuran makin besar. Nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan VITM yang terlalu kecil sehingga apabila perkerasan menerima beban, maka aspal akan naik kepermukaan. Sebaliknya nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedapatan perkerasan semakin kecil sehingga air dan udara akan dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan campuran menjadi berkurang. Nilai VFWA yang disyaratkan oleh Bina Marga (1983) adalah 75 - 82 %.

Hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 6.2 dan Tabel 5.4. dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspal, nilai VFWA campuran HRA semakin besar. Hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VFWA menjadi semakin besar. Pada Gambar 6.2. terjadi nilai VFWA lebih dari 100% pada kadar aspal 6,5%, disebabkan nilai VITM dan nilai VFWA saling berhubungan. Karena terjadi kesalahan pada nilai VITM pada kadar aspal 6,5% maka terjadi kesalahan juga pada nilai VFWA kadar aspal 6,5%.



Gambar 6.2. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VFWA

6.2.3. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai Stabilitas

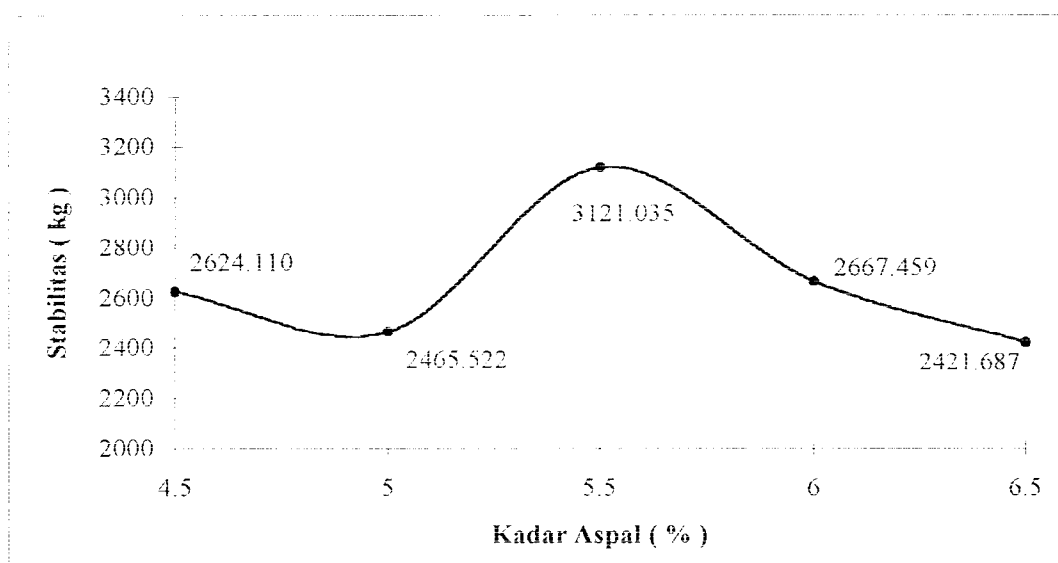
Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak

pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas atau oleh perubahan bentuk *subgrade*. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional, resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya. Kekuatan kohesi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat tetapi apabila telah tercapai nilai optimum maka pertambahan kadar aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan Tabel 5.4. dapat dilihat bahwa nilai stabilitas naik pada kadar aspal 5 % sampai dengan 5,5 % selanjutnya setelah kadar aspal 5,5 % nilai stabilitas mulai turun. Stabilitas optimum terjadi pada kadar aspal 5,5 % dengan nilai sebesar 3121 035 kg.

Naiknya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat sehingga kohesi campuran bertambah, kerapatan campuran meningkat sehingga meningkatkan *interlocking* antar agregat yang selanjutnya akan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Penurunan nilai stabilitas disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsinya menjadi pelicin setelah melewati nilai optimum sehingga film aspal menjadi tebal dan mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan bermuara pada turunnya nilai stabilitas campuran.

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Bina Marga (1983) untuk kualitas *Marshall* suatu campuran adalah ≥ 750 kg. Grafik di atas menunjukkan bahwa kualitas campuran HRA dengan kadar aspal 4,5 % – 6,5 % telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas minimum dari semua kadar aspal dicapai pada kadar aspal 6,5 % dengan nilai stabilitas sebesar 2421,687 kg.



Gambar 6.3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

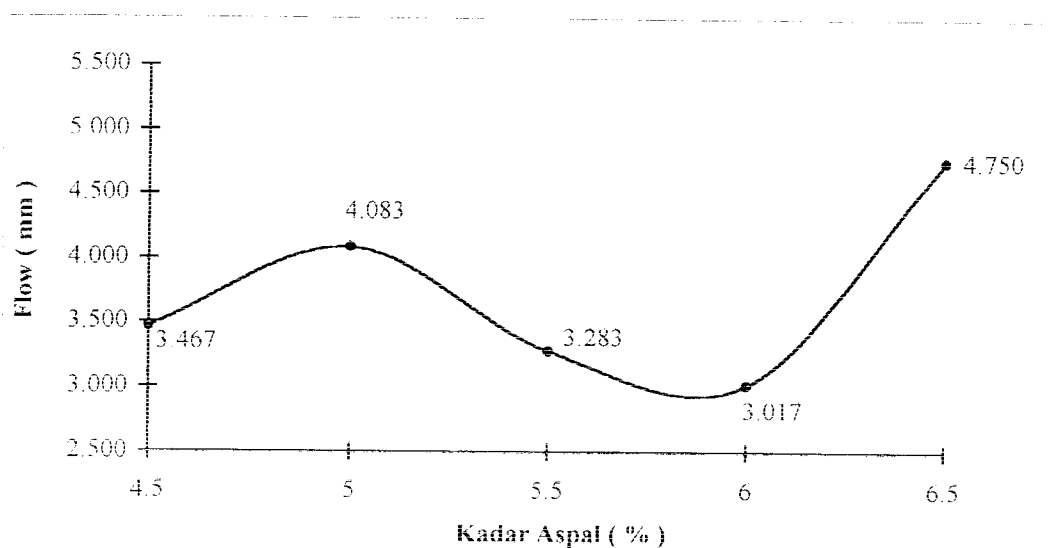
6.2.4. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Flow* (Kelelahan)

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila

mengalami pembebanan lalu lintas, sedangkan campuran dengan nilai kelelehan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.4 dan table 5.4. dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal nilai *flow* cenderung meningkat. Kenaikan nilai *flow* ini disebabkan karena dengan penambahan kadar aspal maka campuran semakin plastis, sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

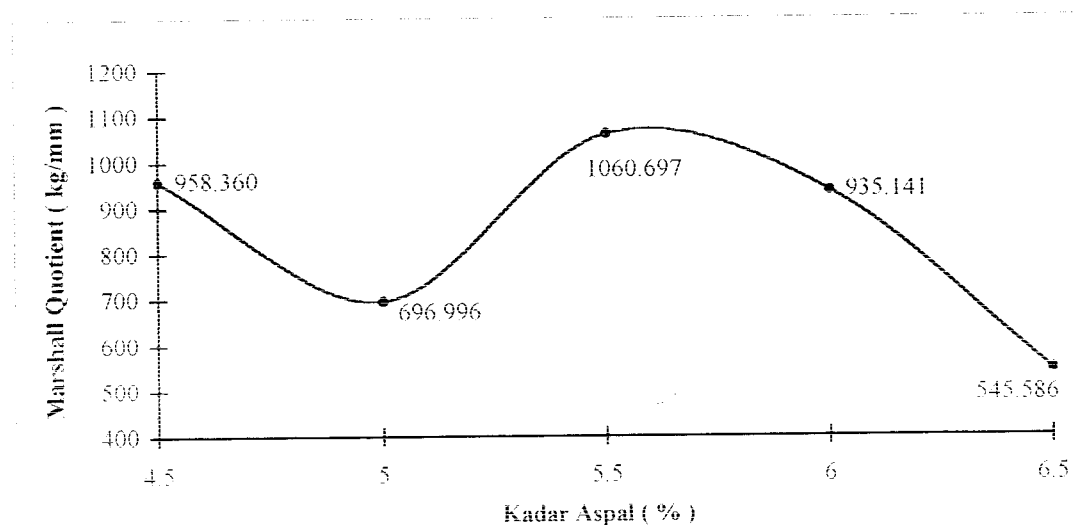
Nilai *flow* yang disyaratkan oleh Bina Marga (1983) untuk campuran HRA adalah 2 - 4 mm. Campuran dengan nilai *flow* lebih kecil 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah mengalami retak. Dari hasil penelitian nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada kadar aspal 4,5 % - 6,5 %.



Gambar 6.4. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow*

6.2.5. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi berarti campuran kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan mudah mengalami retak-retak (*cracking*). Sebaliknya campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah campuran akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Besarnya nilai *Marshall Quotient* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh kadar viskositas aspal, gradasi agregat dan besarnya temperatur pemadatan.



Gambar 6.5. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient*

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 6.5 dan 5.4. dapat dilihat penambahan kadar aspal dari 5 % sampai 5,5 % nilai *Marshall Quotient* meningkat, sedangkan untuk penambahan kadar aspal diatas 5,5 % nilai *Marshall Quotient* cenderung menurun. Kenaikan nilai MQ pada campuran HRA disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal sehingga kohesi antar agregat meningkat dan mengakibatkan campuran menjadi semakin kaku. Penurunan nilai *Marshall Quotient* pada campuran HRA disebabkan campuran menjadi plastis dengan bertambahnya kadar aspal.

6.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Spesifikasi yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum untuk campuran HRA adalah spesifikasi Bina Marga (1983). Kadar aspal optimum ditentukan dengan cara grafis dan dan didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum sebesar 5,4 %. Cara menentukan KAO ini dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Kadar Aspal Optimum

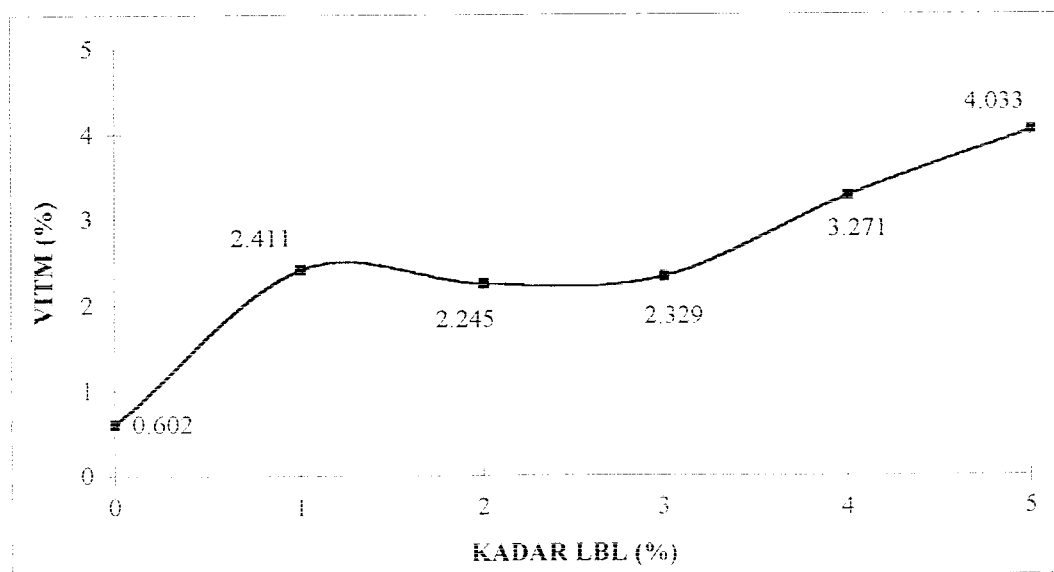
Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Stabilitas (kg)	[Bar chart showing stability values across asphalt percentages]				
Flow (mm)	[Bar chart showing flow values across asphalt percentages]				
VITM (%)	[Bar chart showing VITM values across asphalt percentages]				
VFWA (%)	[Bar chart showing VFWA values across asphalt percentages]				
Kadar Aspal Optimum	$0,5 (5,2 + 5,6) = 5,4$				

Sumber: Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Jogjakarta

6.4. Karakteristik *Marshall* Campuran HRA dengan Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

6.4.1. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai VITM pada KAO

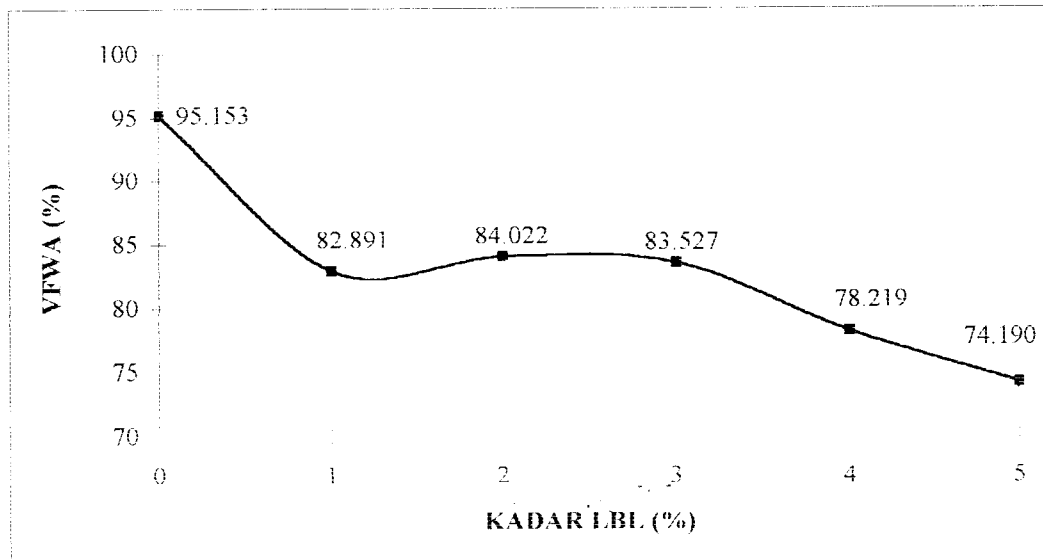
VITM adalah persentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.6 dan Tabel 5.5. Dapat dilihat bahwa penambahan limbah busa lateks dari 0 % sampai 5 % akan meningkatkan nilai VITM. Kenaikan nilai VITM disebabkan dengan penambahan LBL, yang banyak mengandung karet mengakibatkan aspal menjadi semakin kental (viskositas tinggi). Meningkatnya viskositas aspal mengakibatkan aspal sulit mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga semakin besar kadar LBL maka viskositas aspal semakin meningkat dan aspal semakin sulit mengisi rongga campuran dan semakin meningkatkan prosentase rongga dalam campuran.



Gambar 6.6. Grafik Hubungan Antar Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VITM

6.4.2. Pengaruh Limbah Busa Lateks (LBL) terhadap nilai VFWA pada KAO

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga campuran yang terisi aspal. Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan VFWA pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 6.7 dan Tabel 5.5. Gambar 6.6 menunjukkan penurunan nilai VFWA pada kadar limbah busa lateks 0 % sampai 5 %. Hal ini disebabkan dengan penambahan limbah busa lateks menyebabkan aspal menjadi lebih kental atau viskositasnya meningkat. Kekentalan aspal meningkat karena busa lateks mengandung 90 % lateks pekatan. Lateks pekatan sendiri mengandung ± 60 % karet. Bahan karet inilah yang menyebabkan viskositas aspal bertambah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.7. Meningkatnya viskositas aspal menyebabkan aspal sulit mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga semakin besar kadar LBL, rongga-rongga yang terisi aspal semakin menurun.

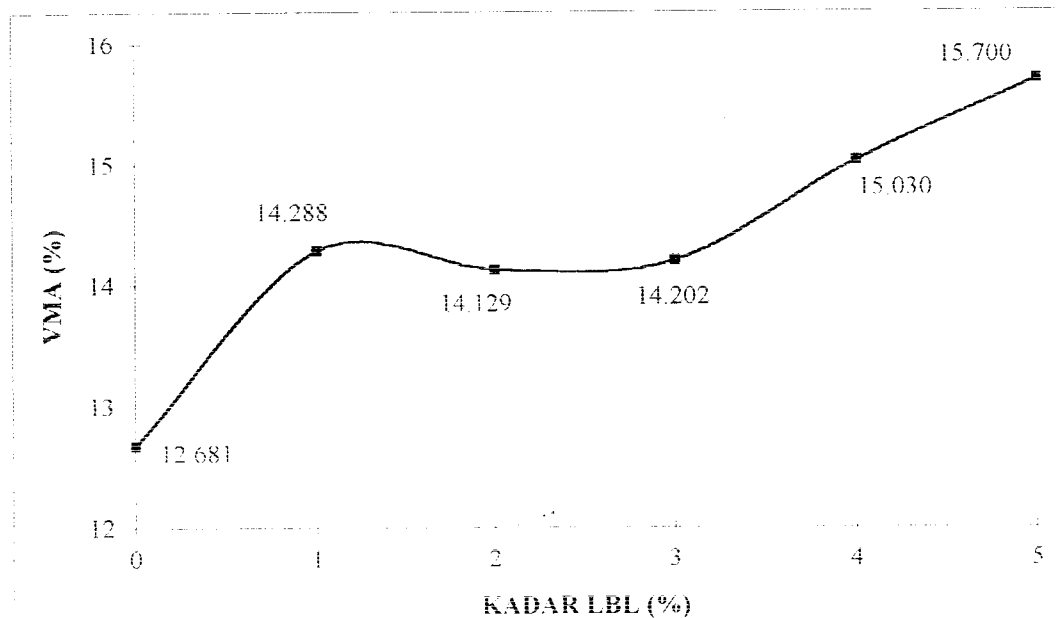


Gambar 6.7 Grafik Hubungan Antar Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VFWA

6.4.3. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai VMA pada KAO

VMA adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal, termasuk rongga yang terisi aspal efektif.

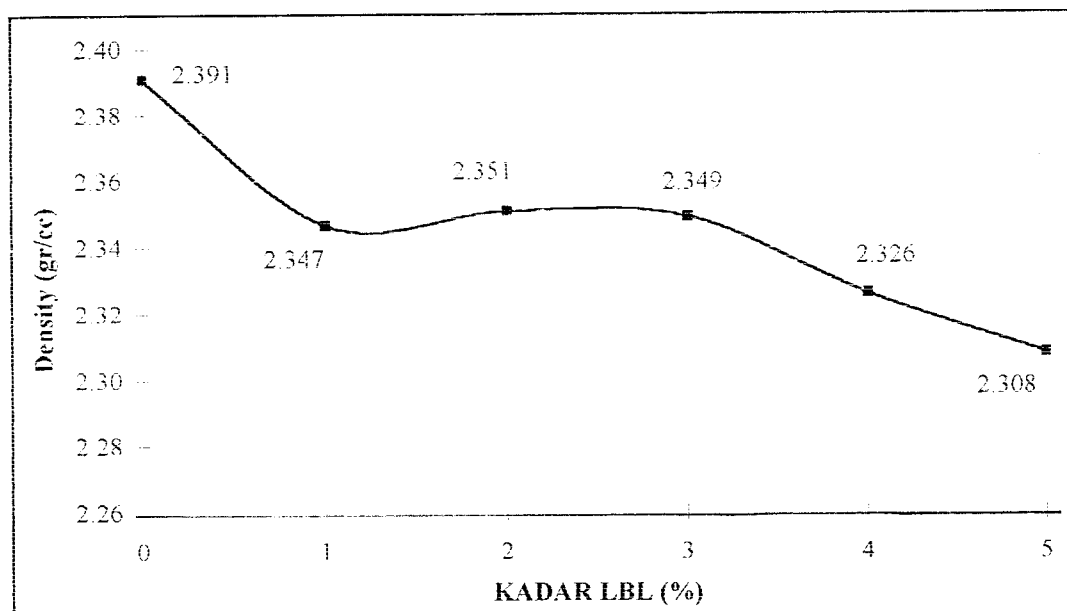
Hubungan antara nilai VMA dengan kadar limbah busa lateks dapat dilihat pada Gambar 6.8. Terlihat bahwa penambahan kadar limbah busa lateks meningkatkan nilai VMA. Hal ini disebabkan penambahan limbah busa lateks yang mengakibatkan viskositas campuran meningkat. Viskositas campuran meningkat dikarenakan LBL banyak mengandung karet. Semakin besar kadar LBL, maka viskositas campuran semakin besar. Meningkatnya viskositas campuran menyebabkan aspal sulit mengisi rongga-rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat. Hal inilah yang menyebabkan meningkatnya prosentase rongga-rongga diantara butir-butir agregat.



Gambar 6.8. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai VMA

6.4.4. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai *Density* pada KAO

Density merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Kepadatan atau *density* adalah berat campuran padat tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi agregat, pelaksanaan pemadatan, suhu pemadatan, jumlah tumbukan, kualitas bahan penyusun, dan berat jenis agregat dalam kadar aspal. Suatu campuran yang mempunyai nilai *density* (kepadatan) yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai *density* yang lebih rendah.



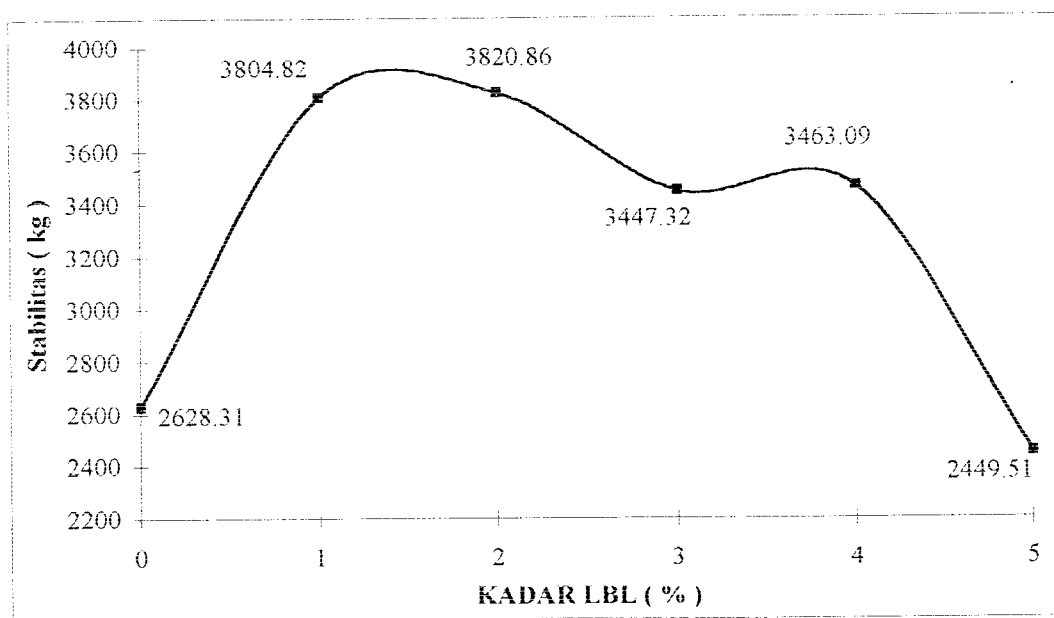
Gambar 6.9. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai *Density*

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 6.9 dan Tabel 5.5. dari gambar terlihat bahwa pada kadar limbah busa lateks 0 % sampai 5 % nilai *density* semakin kecil. Hal ini dikarenakan limbah busa lateks mengandung karet yang menyebabkan campuran menjadi semakin kental.

Semakin besar kadar LBL, maka kekentalan (viskositas) aspal menjadi semakin meningkat. Meningkatnya viskositas aspal mengakibatkan aspal sulit mengisi rongga-rongga dalam campuran, sehingga rongga-rongga dalam campuran meningkat. Meningkatnya rongga-rongga dalam campuran maka kepadatannya menjadi semakin menurun.

6.4.5. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai Stabilitas pada KAO

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya.



Gambar 6.10. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai Stabilitas

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai stabilitas diilustrasikan pada Gambar 6.10 dan Tabel 5.5. Dapat dilihat bahwa pada rentang penambahan 0 % sampai 2 % nilai stabilitas campuran HRA pada kadar aspal

optimum meningkat secara signifikan yang disebabkan oleh ikatan antar agregat dengan aspal (adesi) meningkat akibat penambahan busa lateks yang dapat meningkatkan nilai kohesi aspal. Hal ini disebabkan karena busa lateks mengandung karet yang mempunyai daya ikat yang kuat. Kadar limbah busa lateks 3% sampai 5% nilai stabilitas campuran HRA pada kadar aspal optimum menurun. Penurunan nilai stabilitas disebabkan karena penambahan limbah busa lateks yang berlebihan mengakibatkan campuran menjadi lebih lentur. Hal ini juga disebabkan LBL banyak mengandung karet yang mempunyai sifat elastis yang tinggi, disamping itu penambahan busa lateks menyebabkan rongga dalam campuran semakin besar sehingga mengurangi *interlocking* antar agregat. Semakin banyak kadar LBL maka campuran menjadi semakin lentur dan VITM besar sehingga stabilitasnya menurun.

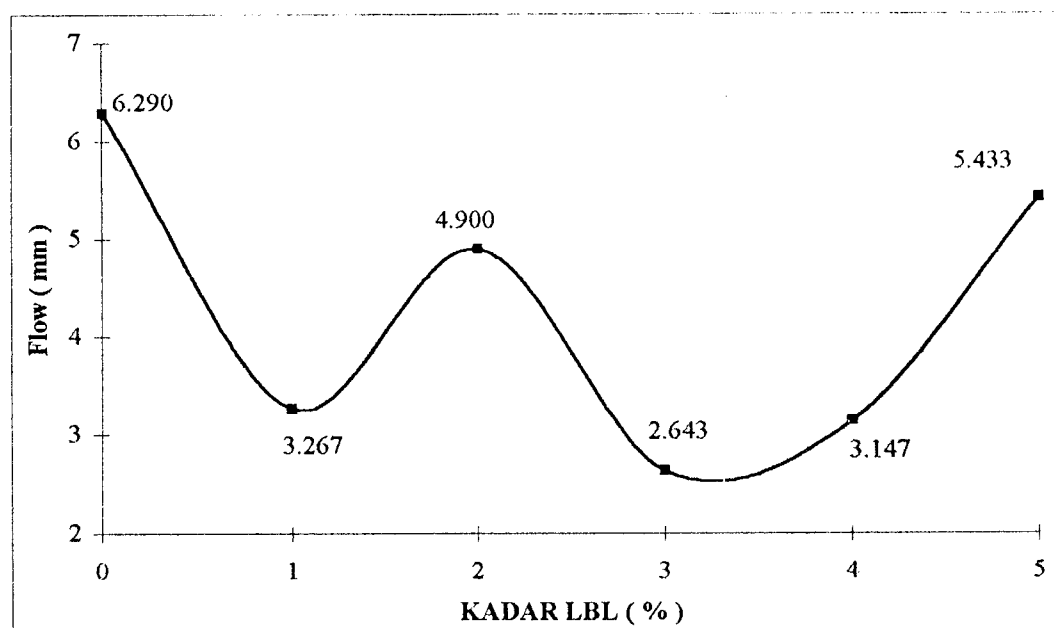
Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa penambahan limbah busa lateks berakibat meningkatkan nilai stabilitas, dengan nilai stabilitas yang lebih besar diharapkan campuran memiliki ketahanan terhadap *rutting* dan *shoving* lebih besar.

6.4.6. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai *Flow* pada KAO

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 6.11 dan Tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran HRA

pada kadar limbah busa lateks 0 % dan 1 % cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh viskositas aspal meningkat akibat penambahan limbah busa lateks, sedangkan kenaikan nilai *flow* pada kadar limbah busa lateks 3 % sampai 5 % dikarenakan semakin banyak kadar lateks maka tingkat kelelahan campuran menjadi semakin tinggi. Pada kadar LBL 2 % terjadi kenaikan nilai *flow* disebabkan karena kesalahan pada saat pembacaan dial *flow*.

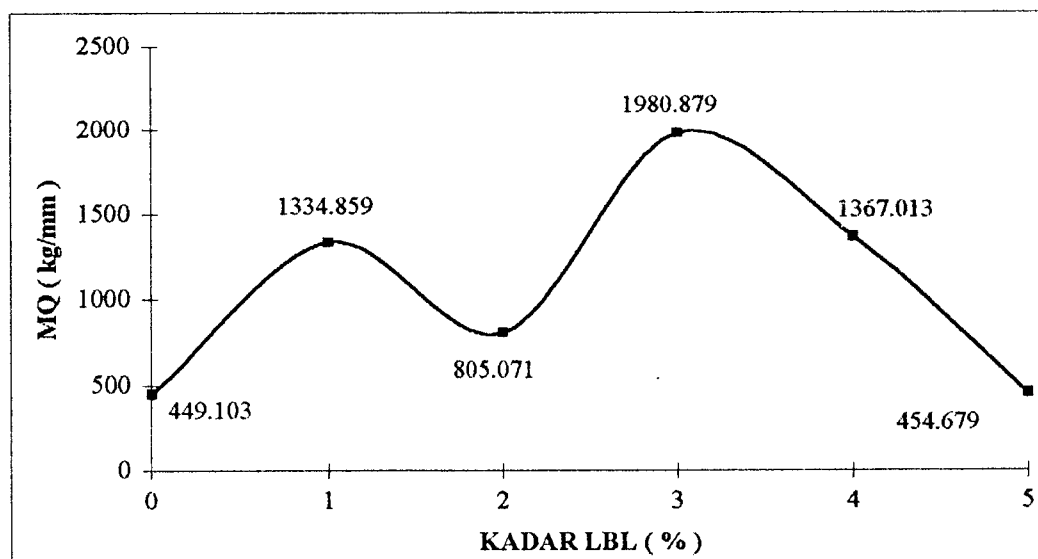


Gambar 6.11. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai *Flow*

6.4.7. Pengaruh Limbah Busa Lateks terhadap nilai *Marshall Quotient* pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 6.12 dan Tabel 5.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran HRA pada kadar limbah busa lateks 0 % dan 1 % cenderung mengalami peningkatan yang menunjukkan bahwa kekakuan campuran meningkat dengan penambahan limbah busa lateks. Hal ini sesuai dengan hasil uji penetrasi (Tabel 5.6) yang menunjukkan dengan penambahan LBL campuran menjadi lebih kaku. Dan setelah penambahan kadar LBL lebih dari 3 % nilai MQ campuran menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar LBL menyebabkan campuran menjadi semakin fleksibel dan lentur yang disebabkan oleh bahan karet yang terdapat dalam LBL. Pada kadar LBL 2 % terjadi penurunan nilai MQ dikarenakan kesalahan pada saat pembacaan dial *flow*. Apabila nilai MQ mengalami penurunan yang menunjukkan campuran semakin fleksibel, yang disebabkan karena busa lateks yang bersifat lentur.



Gambar 6.12. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai *Marshall Quotient*

6.5. Durabilitas Campuran HRA dengan dan tanpa Limbah Busa Lateks pada Kadar Aspal Optimum

Untuk mengetahui nilai durabilitas *hot rolled asphalt*, dilakukan pengujian *Immersion* antara campuran HRA yang menggunakan limbah busa lateks dan tanpa limbah busa lateks.

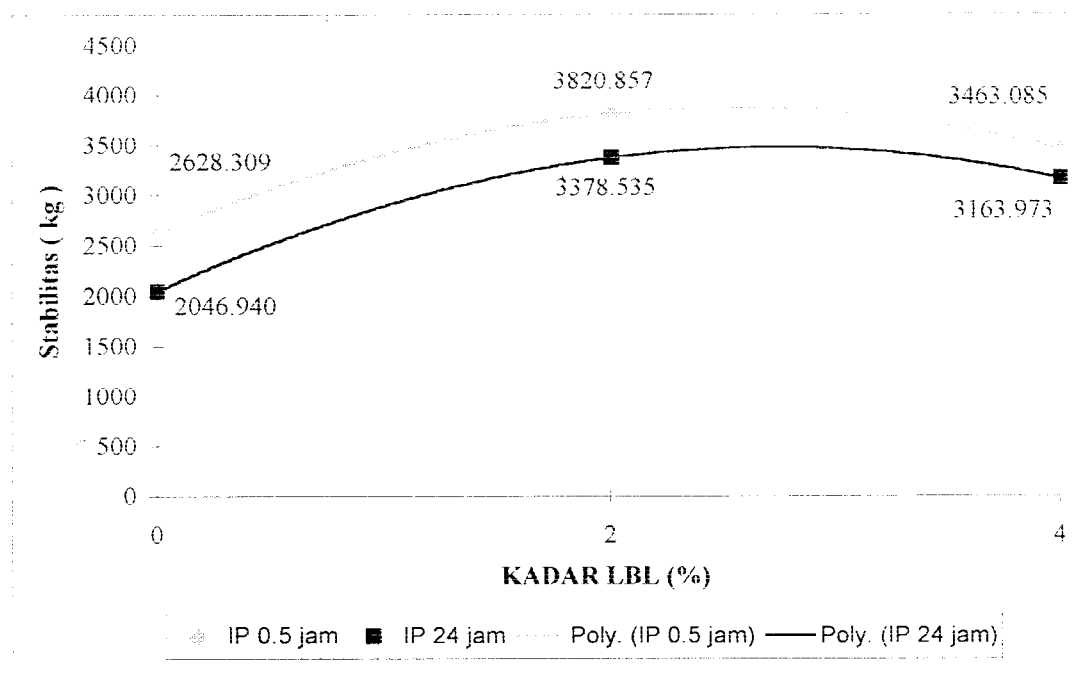
Durabilitas pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana ketahanan campuran HRA dengan dan tanpa limbah busa lateks terhadap nilai stabilitas bila direndam dalam air pada suhu 60°C dengan lama perendaman 0,5 jam dan 24 jam.

Hubungan antara kadar limbah busa lateks dengan nilai stabilitas pada rendaman 0,5 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Tabel 6.2 dan pada Gambar 6.13.

Tabel 6.2. Hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks dengan nilai Stabilitas pada perendaman selama 0,5 jam dan 24 jam

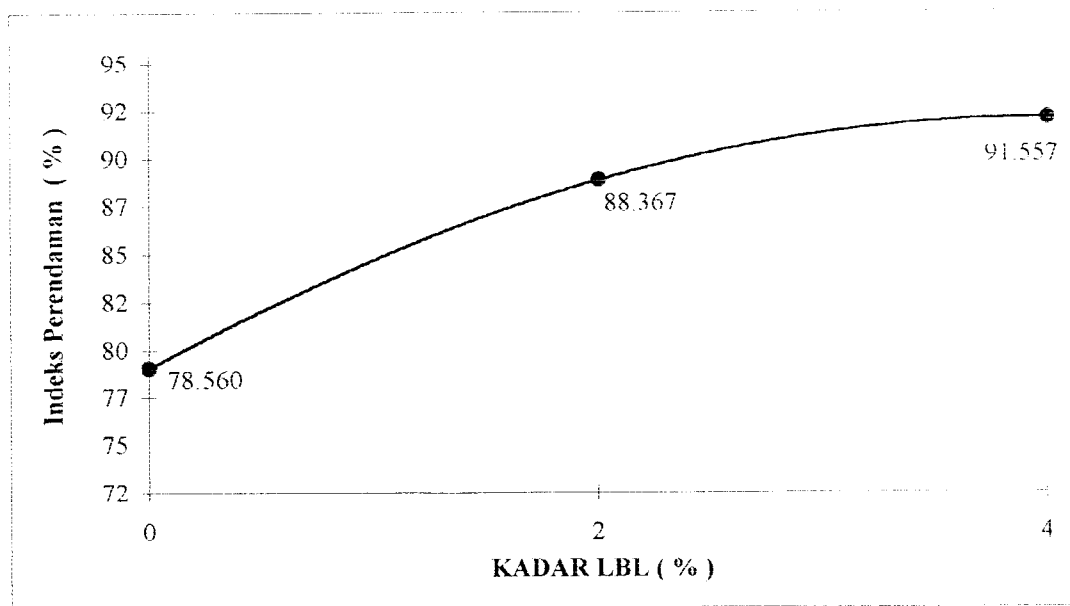
Kadar LBL	Stabilitas pada berbagai perendaman		Indeks Perendaman
	0,5 jam	24 jam	
0 % I	3080.817 kg	2176.322 kg	70.64 %
0 % II	2427.429 kg	2011.182 kg	82.85 %
0 % III	2376.681 kg	1953.316 kg	82.19 %
Rata – rata	2628.309 kg	2046.940 kg	78.560 %
2 % I	3760.872 kg	3676.962 kg	97.77 %
2 % II	3680.082 kg	2917.521 kg	79.28 %
2 % III	4021.618 kg	3541.123 kg	88.05 %
Rata – rata	3820.857 kg	3378.535 kg	88.367 %
4 % I	3626.507 kg	3152.079 kg	86.92 %
4 % II	3045.100 kg	2898.600 kg	95.19 %
4 % III	3717.649 kg	3441.239 kg	92.56 %
Rata – rata	3463.085 kg	3163.973 kg	91.557 %
Syarat Indeks Perendaman			≥ 75 %

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Jogjakarta



Gambar 6.13. Grafik Kadar Limbah Busa Lateks dengan nilai Stabilitas pada perendaman 0,5 jam dan 24 jam

Tabel 6.3 dan Gambar 6.13 menunjukkan bahwa nilai stabilitas campuran HRA tanpa limbah busa lateks (0 %) dan dengan limbah busa lateks (2 % dan 4 %) yang direndam pada suhu 60°C selama 24 jam mengalami penurunan nilai stabilitas dibandingkan dengan yang direndam pada suhu 60°C selama 0,5 jam. Berdasarkan teori nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas yang direndam selama 0,5 jam. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman air masuk kedalam pori-pori campuran sehingga mengurangi kohesi dan penguncian antar agregat (*interlocking*).



Gambar 6.14. Grafik Hubungan antara Kadar Limbah Busa Lateks dengan nilai Indeks Perendaman

Durabilitas campuran juga dapat ditunjukkan dari nilai Indeks Perendaman (IP). Pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.14 dapat dilihat bahwa campuran aspal dengan LBL memiliki nilai IP yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal tanpa limbah busa lateks sehingga merupakan indikasi bahwa penambahan limbah busa lateks membuat campuran menjadi lebih awet. Campuran memiliki durabilitas yang baik apabila sulit dilewati udara maupun air, sehingga campuran dengan kadar rongga (VITM) rendah cenderung lebih awet. Penelitian ini menunjukkan hasil sebaliknya. Campuran dengan LBL yang memiliki VITM lebih besar tetapi memiliki nilai IP lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena campuran aspal dan limbah busa lateks memiliki sifat dasar yang kedap air dibanding campuran tanpa LBL. Sifat

lebih kedap ini dapat terlihat dari nilai permeabilitas yang lebih rendah pada campuran dengan LBL dibanding campuran tanpa LBL.

Hal ini menunjukkan bahwa durabilitas campuran HRA dengan limbah busa lateks lebih baik jika dibandingkan dengan campuran HRA tanpa limbah busa lateks, meskipun nilai VITM nya lebih tinggi.

6.6. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap Sifat Fisik Aspal (Penetrasi dan Titik Lembek)

Pemeriksaan sifat fisik aspal dengan limbah busa lateks dilakukan pada kadar busa lateks 0%, 2% dan 4%. Perbandingan sifat fisik aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Perbandingan sifat fisik aspal dengan dan tanpa limbah busa lateks

No.	Jenis Pemeriksaan	Kadar LBL (%)			Satuan
		0	2	4	
1	Penetrasi (25°C,5 detik)	61.4	57.8	51.8	0.1 mm
2	Titik Lembek	52	57.55	59.5	°C

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII - Jogjakarta

Tabel 6.3 menggambarkan kekerasan aspal meningkat dengan penambahan limbah busa lateks. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penetrasi aspal dengan limbah busa lateks lebih rendah dibandingkan dengan aspal tanpa limbah busa lateks. Nilai penetrasi yang lebih rendah ini dapat mengindikasikan bahwa viskositas atau kekentalannya lebih tinggi, sehingga apabila dipergunakan dalam campuran dapat

berakibat nilai VFWA menurun, nilai VITM meningkat dan berakibat nilai koefisien permeabilitas menurun.

Hasil titik lembek seperti pada Tabel 6.3 menunjukkan aspal dengan limbah busa lateks memiliki nilai titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan aspal tanpa limbah busa lateks. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal dengan limbah busa lateks memiliki kepekaan temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal tanpa limbah busa lateks, sehingga apabila dipergunakan dalam campuran HRA berakibat nilai durabilitas lebih tinggi seiring dengan nilai IP yang meningkat.

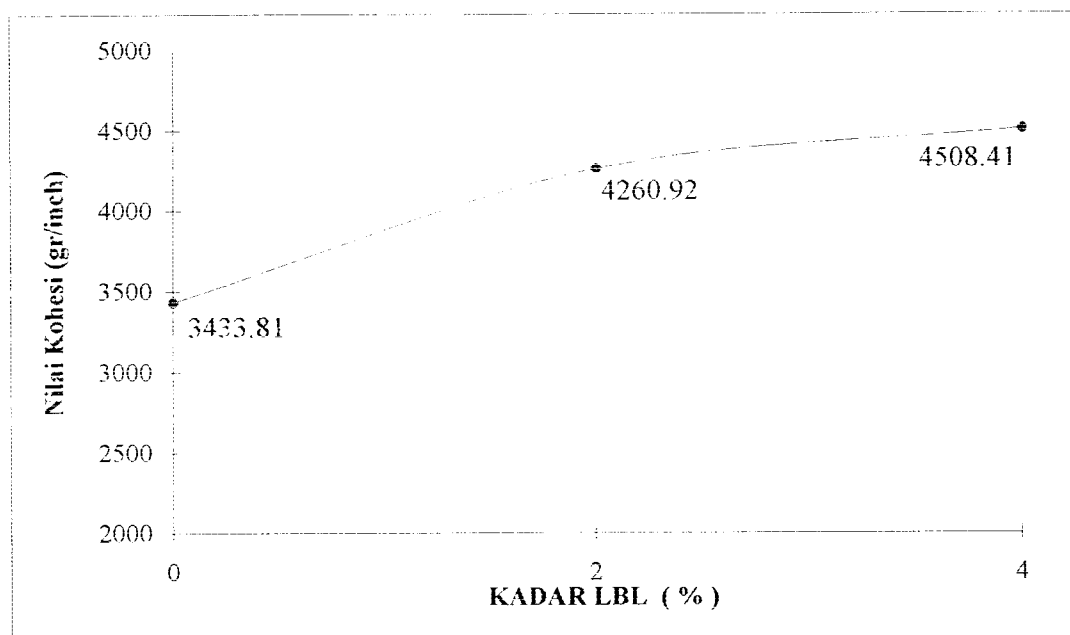
6.7. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap nilai Kohesi Campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*)

Pemeriksaan dilakukan untuk memperoleh nilai kohesi campuran, yaitu suatu nilai yang menyatakan kemampuan campuran untuk tetap mempertahankan bentuknya setelah terjadi pengikatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kohesi suatu campuran adalah sifat-sifat reologi aspal, gradasi agregat, luas permukaan, kepadatan agregat dan adhesi antara agregat dengan aspal.

Bina Marga tidak memberikan persyaratan spesifikasi untuk nilai kohesi, untuk itu dipergunakan klasifikasi yang direkomendasikan oleh *The Asphalt Institute*. Tabel 3.9 menunjukkan kriteria desain metode *Iveem* yang direkomendasikan *The Asphalt Institute* untuk spesifikasi nilai kohesi.

Hubungan antara nilai kohesi campuran HRA dengan dan tanpa limbah busa lateks dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 6.15. dapat dilihat pula bahwa nilai

kohesi campuran HRA dengan limbah busa lateks lebih tinggi dari campuran HRA tanpa limbah busa lateks. Semakin banyak kadar busa lateks dalam campuran HRA maka nilai kohesinya semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa limbah busa lateks dapat meningkatkan nilai kohesi campuran HRA. Peningkatan nilai kohesi ini disebabkan karena LBL yang mengandung 90 % lateks pekatan bersifat membuat aspal menjadi lebih kental dan pekat sehingga meningkatkan kohesi aspal dan menyebabkan kohesi campuran meningkat.



Gambar 6.15. Grafik Hubungan Antara Kadar LBL pada KAO terhadap Nilai Kohesi

Gambar 6.15 menunjukkan dengan penambahan kadar limbah busa lateks dapat meningkatkan nilai kohesi campuran *Hot Rolled Asphalt*.

6.8. Pengaruh Kadar Limbah Busa Lateks terhadap Campuran Aspal dibandingkan dari Penelitian Sebelumnya

Penambahan bahan tambah (*additive*) pada suatu campuran perkerasan, akan mempengaruhi kualitas campuran perkerasan tersebut. M. Avif Maulana dan M. Bustanil Arifin melakukan penelitian mengenai pengaruh bahan tambah terhadap karakteristik *marshall* dan permeabilitas beton aspal. Bahan tambah yang digunakan adalah limbah busa lateks. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut adalah dengan adanya penambahan kadar limbah busa lateks, meningkatkan kualitas campuran berdasarkan karakteristik *marshall*, sedangkan nilai permeabilitas beton aspal dengan limbah busa lateks lebih rendah dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa limbah busa lateks.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian M. Avif Maulana dan M. Bustanul Arifin yaitu pada : jenis campuran perkerasan dan pengujian kohesi, lebih lanjut perbedaan dan rekapitulasi hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Rekapitulasi Hasil Penelitian

No	Keterangan	Penelitian tentang pengaruh limbah busa lateks sebagai <i>additive</i> terhadap karakteristik <i>marshall</i> campuran perkerasan											
		M Avif M dan M. Bustamil A					Adhy R dan Heru S						
1	Karakteristik <i>marshall</i>	Campuran Aspal Beton (AC)					Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i> (HRA)						
		Kadar Limbah Busa Lateks					Kadar Limbah Busa Lateks						
		0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
	VITM (%)	4,67	5,15	5,24	5,42	5,43	5,17	0,602	2,411	2,245	2,329	3,271	4,033
	VFWA (%)	76,81	74,93	74,57	73,88	73,88	74,87	95,153	82,891	84,022	83,527	78,219	74,190
	VMA (%)	20,12	20,50	20,60	20,75	20,76	20,76	12,681	14,288	14,129	14,202	15,030	15,700
	Density (gr/cc)	2,37	2,37	2,38	2,38	2,38	2,38	2,391	2,347	2,351	2,349	2,326	2,308
	Stabilitas (kg)	1442,77	1569,04	2038,56	1763,86	1684,03	1670,66	2628,31	3804,82	3820,86	3447,32	3463,09	2449,51
	Flow (mm)	3,15	2,2	1,58	1,8	1,6	1,575	6,290	3,267	4,900	2,643	3,147	5,433
	MQ (kg/mm)	458,188	713,622	1293,993	1088,184	1161,045	1070,330	449,103	1334,859	805,071	1980,879	1367,013	454,679
2	Kadar Aspal Optimum	6,45 %					5,4 %						
3	Kadar Busa Lateks Opt.	0,35 %					-						
4	Kohesi (gr/inch)	-					-						
5	Permeabilitas (cm/detik)	$15,61 \times 10^{-6}$					$9,54 \times 10^{-6}$						
		3433,81					4260,92					4508,41	

6.9. Ringkasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan sebelumnya maka diperoleh ringkasan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas campuran pada interval LBL 0 % sampai 2 % nilai stabilitas meningkat, sedangkan pada interval 3 % sampai 5 % mengalami penurunan, dengan nilai tertinggi sebesar 3820,82 kg pada kadar LBL 1 % dan terendah sebesar 2449,51 kg pada kadar LBL 5 %. Nilai stabilitas campuran dengan LBL lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa LBL.
2. Penambahan LBL pada campuran HRA cenderung menurunkan nilai *flow*. Nilai *flow* tertinggi dicapai pada kadar LBL 0 % sebesar 6,290 mm, sedangkan nilai terendah dicapai pada kadar LBL 3 % sebesar 2,643 mm. Nilai *flow* campuran dengan LBL lebih kecil dibandingkan dengan campuran tanpa LBL.
3. Nilai VFWA pada interval 0 % sampai 5 % mengalami penurunan, sedangkan nilai VITM mengalami kenaikan. Nilai VFWA tertinggi sebesar 95,153 % pada kadar LBL 0 % dan nilai terendah sebesar 74,190 % pada kadar LBL 5 %, sedangkan nilai VITM tertinggi sebesar 4,033 % pada kadar LBL 5 % dan nilai terendah sebesar 0,602 % pada kadar LBL 0 %. Nilai VFWA campuran HRA dengan LBL lebih kecil dibandingkan dengan campuran tanpa LBL, sedangkan untuk nilai VITM dengan LBL lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa LBL.
4. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada interval 0% sampai 1% meningkat, sedangkan pada interval 3% sampai 5% cenderung mengalami penurunan. Nilai

MQ tertinggi sebesar 1980,879 kg/mm pada kadar LBL 3%, dan terendah sebesar 449,103 kg/mm pada kadar LBL 0%. Nilai MQ campuran HRA dengan LBL lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa LBL.

5. Nilai *Density* pada kadar LBL 0% sampai 5% mengalami penurunan . Nilai *density* tertinggi sebesar 2,391 gr/cc pada kadar LBL 0% dan nilai terendah sebesar 2,308 gr/cc pada kadar LBL 5%. Nilai *density* campuran HRA dengan LBL lebih kecil dibandingkan dengan campuran tanpa LBL.
6. Limbah busa lateks dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah (*additive*) karena berdasarkan karakteristik *Marshall* penambahan kadar limbah busa lateks memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (1983).
7. Campuran HRA dengan limbah busa lateks memiliki nilai durabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRA tanpa LBL. Indeks Perendaman campuran HRA dengan LBL pada kadar 2 % sebesar 88,367 % dan pada kadar 4 % sebesar 91,557 %, sedangkan campuran HRA tanpa LBL (0 %) nilai Indeks Perendaman sebesar 77,560 %.
8. Nilai kohesi campuran HRA dengan limbah busa lateks pada kadar 2 % sebesar 4260,92 gr/cc dan pada kadar 4 % sebesar 4508,41 gr/cc lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRA tanpa LBL sebesar 3433,81 gr/cc. Berdasarkan persyaratan perencanaan perkerasan metode *Hveem* nilai kohesi untuk campuran HRA dengan dan tanpa LBL memenuhi persyaratan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

1. Secara umum campuran HRA dengan limbah busa lateks memiliki karakteristik *Marshall* lebih baik dibanding campuran HRA tanpa LBL, yang ditunjukkan dengan nilai stabilitas dan Indeks Perendaman (IP) yang lebih tinggi serta nilai *flow* yang lebih rendah.
2. Meskipun campuran HRA dengan LBL memiliki VITM lebih tinggi dan VFWA lebih rendah tetapi campuran memiliki tingkat keawetan (durabilitas) yang lebih tinggi, yang disebabkan karena limbah busa lateks menjadikan campuran menjadi lebih kedap terhadap udara dan air sehingga campuran tidak mudah teroksidasi dan menjadi lebih awet.
3. Campuran HRA dengan LBL memiliki nilai kohesi yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa LBL. Campuran yang memiliki nilai kohesi dan nilai stabilitas tinggi yang ditunjukkan oleh campuran memiliki nilai struktur yang lebih baik.

7.2. Saran-saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Campuran HRA dengan menggunakan limbah busa lateks lebih cocok untuk lalu lintas berat dengan frekwensi tinggi.
2. Mengingat dalam penelitian ini tidak ditinjau pengaruh sifat kimiawi dari limbah busa lateks, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan meninjau sifat kimiawinya, agar dapat diketahui lebih cermat parameter yang mempengaruhi nilai durabilitas dan nilai kohesi campuran HRA.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap limbah busa lateks sebagai *additive* pada campuran HRA terhadap nilai *skid resistance*, dan nilai modulus elastis.
4. Pada saat pengujian perlu diperhatikan ketelitian dan kecermatan pengamatan dalam membaca alat uji dan kerusakan yang terjadi pada benda uji sehingga diperoleh data yang lebih akurat.
5. Ketelitian pada saat pembuatan benda uji terutama saat pemadatan dan penimbangan perlu dilakukan dengan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1998, **PANDUAN PRAKTIKUM JALAN RAYA**, Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

AASHTO, 1982, **STANDARD SPECIFICATIONS FOR TRANSPORTATION MATERIAL AND METHODS OF SAMPLING AND TESTING**, Part 1, Specification, 13th Edition.

Atkins, H. N, 1997, **HIGHWAY MATERIALS, SOILS, AND CONCRETES**, Prentice Hall-Inc, New Jersey, USA.

BS, 594, 1985, **SPECIFICATION FOR ROLLED ASPHALT (HOT PROCESS) FOR ROAD AND OTHER PAVED AREAS**, British Standard Institution, London.

Departemen Pekerjaan Umum, 1987, **PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS ASPAL BETON (LASTON) UNTUK JALAN RAYA**, Yayasan Penerbit PU, Jakarta.

Fauziah, M, 2001, **PENGARUH KADAR SERBUK BELERANG SEBAGAI FILLER PENGGANTI TERHADAP KARAKTERISTIK BETON ASPAL**, Studi Laboratorium, Tesis Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hunter, R. N, 1994, **BITUMINOUS MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION**, Thomas Telford Services, London.

Kerb, Robert D dan Walker, Richard D, 1971, **HIGHWAY MATERIALS**, McGraw-Hill Book Company, USA.

M. Agus Hana Sikpri S dan Emmic Fatkhunnajah, 2000, **PENGARUH LIMBAH BAN KARET SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA HOT ROLLED ASPHALT BERDASARKAN SIFAT-SIFAT MARSHALL**, Penelitian Laboratorium, Tugas Akhir FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

M. Avif Maulana dan M. Bustanil Arifin, 2001, **PENGARUH LIMBAH BUSA LATEKS SEBAGAI ADDITIVE TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS BETON ASPAL (AC)**, Penelitian Laboratorium, Tugas Akhir FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Robert, F.L, Kandhall, P.S, Lee, D.Y, dan Brown, E.R, 1971, **HOT MIX ASPHALT MATERIAL, MIXTURE DESIGN AND CONSTRUCTION**, NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland, USA.

Soeprapto Totomiharjo, 1995, **BAHAN DAN STRUKTUR JALAN RAYA**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

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

Tri Wahyu, N. dan Doeva, R, 1997, **PENGGUNAAN LATEKS MURNI TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS SPLIT MASTIK ASPHALT (SMA)**, Penelitian Laboratorium, Tugas Akhir FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

The Asphalt Institute, 1983, **ASPHALT TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION PRACTICES**, *Educational Series No. 1 (ES - 1)*, Second Edition, *The Asphalt Institute, USA*.

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Ady Rahmady	93310269	Orani Smp
2	Hery Susebyono	93310176	Orani Smp

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh limbah busa telex s. sbg. additive tho karakteristik: Matrial dan nilai kohesi campuran HRA.

PERIODE IV : JUNI NOPEMBER
TAHUN 2002/2003

No.	Kegiatan	Bulan Ke					
		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	■
6	Sidang Sidang					■	■
7	Pendadaran						■

DOSEN PEMBIMBING I : **L. H. N. H. H. H. H.**
DOSEN PEMBIMBING II : **M. M. M. M. M. M. M.**



Siswa
Siswa
Pembimbing

An. Dekan
[Signature]
An. Dekan

LAMPIRAN 1

HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIK AGREGAT



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

ANALISA SARINGAN AGREGAT PADA KADAR ASPAL 4,5 %

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 19 September 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

No. Saringan		Berat Tertahan (gr)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Jumlah	min.	maks.
12.500	1/2 "	0	0	0	100	100	100
10.000	3/8 "	85.95	85.95	7.5	92.5	85	100
6.300	1/4 "	200.55	286.50	25	75	60	90
2.360	# 8	103.14	389.64	34	66	60	72
0.600	# 30	355.26	744.90	65	35	25	45
0.212	# 70	143.25	888.15	77.5	22.5	15	30
0.075	# 200	143.25	1031.40	90	10	8	12
	Pan	114.60	1146.00	100	0	0	0
	Total Material		1146				

Kadar Aspal = 4,5 %

Campuran HRA

Berat Aspal = 54 gram

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono

LAMPIRAN 2

HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIK ASPAL



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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 22 September 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
MULAI PEMANASAN	30° C	08.15
SELESAI PEMANASAN	140° C	08.30
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140° C	08.30
SELESAI	35° C	09.00
DIRENDAM AIR PADA SUHU 25 °C		
MULAI	35° C	09.00
SELESAI	25° C	10.00
DIPERIKSA		
MULAI	25° C	10.15
SELESAI	25° C	10.30

HASIL PENGAMATAN

No.	CAWAN I (mm)	CAWAN II (mm)	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1.	62	62	
2.	63	65	
3.	60	62	
4.	63	65	
5.	60	62	

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono



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

PEMERIKSAAN
TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 23 September 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
MULAI PEMANASAN	30° C	8.15
SELESAI PEMANASAN	140° C	8.30
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140° C	8.40
SELESAI	110° C	9.10
DIPERIKSA		
MULAI	110° C	9.10
SELESAI		9.40

HASIL PENGAMATAN

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	320° C	332° C
II	-	-
RATA-RATA	320° C	332° C

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono

LAMPIRAN 3

HASIL PEMERIKSAAN DAN PERHITUNGAN *MARSHALL*



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

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Asal material : Ciereng
Prophatite Aspal Pertamina Cilacap.

Tanggal : 25 September 2003
Diperiksa Oleh : Ir. Iskandar S. MT
Di kerjakan Oleh : 1. Adhy R. 2. Heru Susetyono

HASIL PEMERIKSAAN MARSHAL TEST DENGAN BAHAN IKAT ASPAL

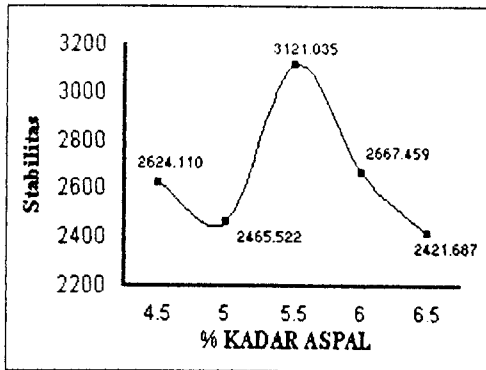
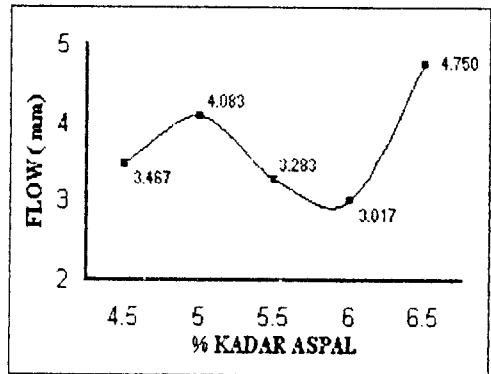
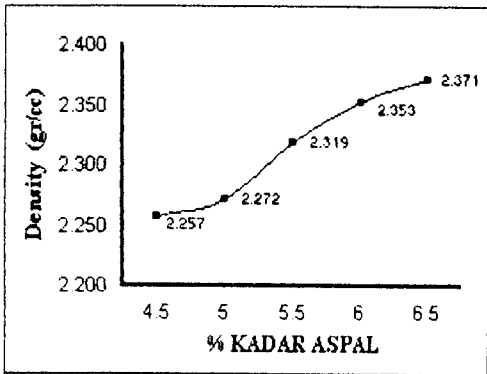
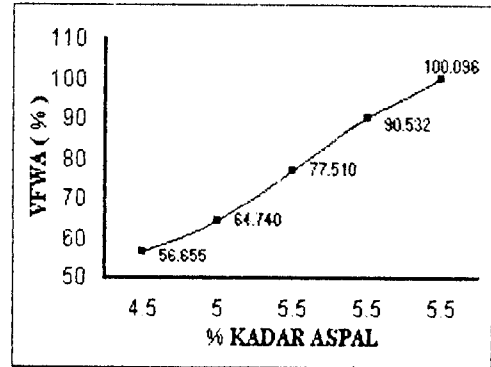
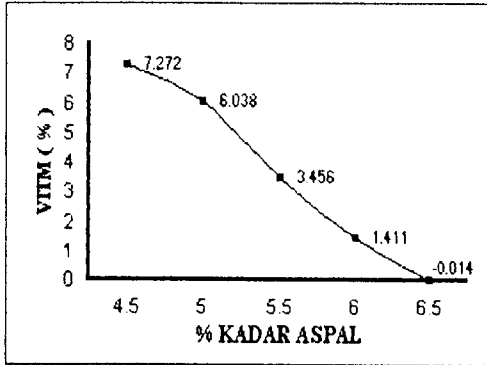
Sample	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (gr)	g (gr/cc)	Density	VMA			VTM			Stabilitas			FLOW		M.Q	
										l (%)	m (%)	n (%)	o (kg)	p (kg)	q (kg)	r (mm)	q/r (kg/mm)	q	r	q/r		
I	63.43	4.71	4.5	1178	1186	661	525	2.244	2.43	17.26	54.682	7.806	7.206	7.206	2467.94	1.900	1301.520	6.300	472.590	110.980		
II	63.10	4.71	4.5	1178	1186	669	517	2.279	2.43	15.97	60.030	6.368	8.650	8.650	2947.82	6.300	472.590	2.200	110.980	958.360		
III	63.90	4.71	4.5	1180	1187	662	525	2.248	2.43	17.11	55.254	7.642	7.300	7.300	2502.22	2.200	110.980	2.200	110.980	958.360		
I	63.60	5.25	5	1172	1181	660	521	2.250	2.42	17.47	60.180	6.948	8.500	8.500	2913.55	5.100	566.710	4.083	697.000	663.220		
II	64.50	5.25	5	1170	1178	652	526	2.224	2.42	18.43	56.467	8.023	6.400	6.400	2193.73	4.950	419.250	2.200	1105.030	2465.570		
III	61.80	5.25	5	1185	1193	687	506	2.342	2.42	14.10	77.634	3.143	6.800	6.800	2330.84	2.200	1105.030	4.083	697.000	2851.850		
I	61.90	5.82	5.5	1174	1180	671	509	2.306	2.40	15.86	74.726	3.997	8.000	8.000	2742.16	4.300	663.220	3.289	3016.38	3121.040		
II	62.30	5.82	5.5	1171	1179	676	503	2.328	2.40	15.06	79.461	3.081	9.950	9.950	3290.59	2.100	1613.960	3.289	3016.38	3121.040		
III	62.10	5.82	5.5	1171	1177	673	504	2.323	2.40	15.24	78.343	3.289	8.800	8.800	3016.38	3.450	904.910	3.289	3016.38	3121.040		
I	61.40	6.33	6	1175	1182	681	501	2.345	2.39	14.89	88.362	1.760	8.300	8.300	2844.99	3.004	3.0	2.250	1335.250	3004.3		
II	60.90	6.33	6	1173	1181	681	500	2.346	2.39	14.86	88.550	1.718	7.400	7.400	2536.50	3.700	734.210	3.700	734.210	2716.580		
III	61.90	6.33	6	1182	1186	687	499	2.369	2.39	14.02	94.744	0.754	6.400	6.400	2193.73	3.100	735.960	3.100	735.960	2281.480		
I	60.10	6.95	6.5	1179	1182	686	496	2.377	2.37	14.44	85.81	-0.25	6.900	6.900	2365.11	2592	160	6.800	381.200	2667.460		
II	60.40	6.95	6.5	1176	1179	683	496	2.371	2.37	14.40	85.59	0.000	6.45	6.45	2210.87	2403.2	0	3.900	616.210	2592.160		
III	61.00	6.95	6.5	1176	1179	682	497	2.366	2.37	14.59	98.540	0.211	6.20	6.20	2125.17	2269	690	3.550	639.350	2403.2		
										14.39	100.096	-0.014								2421.690	4.750	545.590

t = Tebal Benda Uji
a = % Aspal terhadap batuan
b = % Aspal terhadap Campuran
c = Berat kering (sebelum direndam)
d = Berat basah jenuh (SSD)
e = Berat didalam air
f = Volume (isi) d-e
g = Berat isi c/f
h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Ej. Asp)
i = (b x g) : Bj Asp
j = (100 - b) x g : Bj Agregat
k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)
l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (i/f)
n = Rongga yang terisi campuran 100 - {100 x (g/h)}
o = Pembacaan erloji stabilitas
p = o x kalibrasi proving ring
q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)
r = Flow (kelelahan plastis)
QM = Quinton Marsial
Suhu pencampuran = ± 160°C
Suhu pematangan = 160°C
Suhu waterbath = 60°C
B.J Aspal = 1,07
B.J Agregat = 2,60

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya
(Ir. Iskandar S. MT)

Peneliti :
1. Adhy Rahmady
2. Heru Susetyono

KADAR ASPAL DESIGN



Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Stabilitas (kg)	-----				
Flow (mm)	-----				
VITM (%)	-----				
VFWA (%)	-----				
Kadar Aspal Optimum	5,2 5,6 0,5 (5,2+5,6) = 5,4				



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

Pekerjaan : Perelitian Tugas Akhir
Asal material : Clerang
Propriane Aspal: Pertamina Cilacap

Tanggal : 25 September 2003
Diperiksa Oleh : Ir. Iskandar S. MT
Dikerjakan Oleh : 1. Adhy Rahmady 2. Heru Susetyono

HASIL PEMERIKSAAN MARSHAL TEST DENGAN BAHAN IKAT ASPAL + BAHAN ADDITIVE LIMBAH BUSA LATEKS

L.B.L (%)	Sample	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (cc)	g (gr/cc)	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	m (%)	n (%)	o (kg)	p (kg)	q (kg)	r (mm)	MQ	
																						YMA
0	I	60.23	5.71	5.4	1188	1185	688	497	2.390	2.41	12.06	87.30	0.64	12.705	94.939	0.642	840	2879.268	3080.917	4.57	674.139	
0	II	60.33	5.71	5.4	1187	1185	688	497	2.388	2.41	12.05	87.22	0.73	12.778	94.318	0.707	660	2262.282	2427.429	7.50	323.657	
0	III	60.77	5.71	5.4	1185	1184	689	495	2.394	2.41	12.08	87.44	0.48	12.559	96.202	0.457	645	2210.867	2376.681	6.80	349.512	
1	I	61.20	5.71	5.4	1178	1179	677	502	2.347	2.41	11.35	85.72	2.43	14.276	82.971	2.412	950	3256.315	3458.207	3.60	960.613	
1	II	60.23	5.71	5.4	1167	1170	673	497	2.348	2.41	11.35	85.76	2.39	14.239	83.222	2.370	1040	3564.808	3892.770	4.30	905.295	
1	III	61.90	5.71	5.4	1175	1178	677	501	2.345	2.41	11.34	85.65	2.51	14.349	82.480	2.450	1110	3804.747	4063.470	1.90	2138.668	
2	I	61.43	5.71	5.4	1179	1183	680	503	2.347	2.41	11.33	85.62	2.55	14.385	82.238	2.536	1040	3564.808	3760.872	6.10	616.336	
2	II	61.17	5.71	5.4	1172	1173	677	496	2.363	2.41	11.33	86.31	1.77	13.691	87.101	1.746	1010	3461.977	3680.082	4.50	817.796	
2	III	61.37	5.71	5.4	1180	1183	680	503	2.346	2.41	11.34	85.69	2.47	14.312	82.728	2.453	1110	3804.747	4021.618	4.10	980.882	
3	I	61.23	5.71	5.4	1169	1171	671	500	2.338	2.41	11.30	85.40	2.80	14.129	84.022	2.245	990	3393.423	3600.422	1.13	3186.214	
3	II	61.70	5.71	5.4	1181	1183	680	503	2.348	2.41	11.35	85.76	2.39	14.239	83.222	2.370	860	2947.822	3083.422	5.10	604.593	
3	III	60.70	5.71	5.4	1176	1179	681	498	2.361	2.41	11.32	86.24	1.85	13.764	86.566	1.830	990	3393.423	3658.110	1.70	2151.829	
4	I	61.33	5.71	5.4	1171	1175	675	500	2.342	2.41	11.32	85.54	2.64	14.458	81.754	2.620	1000	3427.700	3626.507	2.64	1373.677	
4	II	62.17	5.71	5.4	1170	1178	671	507	2.308	2.41	11.65	84.30	4.05	15.700	74.191	4.033	860	2947.822	3045.100	5.05	602.99	
4	III	61.30	5.71	5.4	1169	1173	671	502	2.329	2.41	11.75	85.07	3.18	14.933	78.712	3.160	1030	3530.531	3717.649	1.75	2124.371	
5	I	61.17	5.71	5.4	1172	1192	684	508	2.307	2.41	11.54	84.26	4.09	15.737	73.985	4.075	600	2056.620	2186.187	5.10	428.664	
5	II	62.53	5.71	5.4	1187	1207	693	514	2.309	2.41	11.55	84.34	4.01	15.664	74.394	3.992	645	2210.867	2359.506	4.50	502.112	
5	III	60.37	5.71	5.4	1170	1192	685	507	2.308	2.41	11.65	84.30	4.05	15.700	74.191	4.033	790	2707.883	2902.851	6.70	433.261	
									2.308					15.700	74.190	4.033			2449.515		5.433	454.679

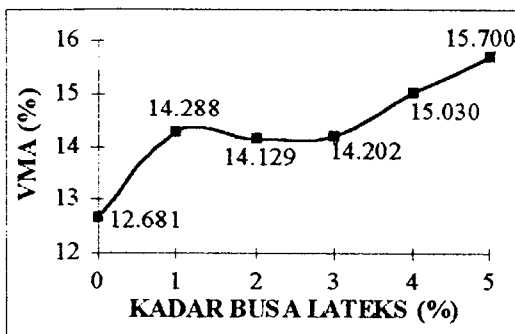
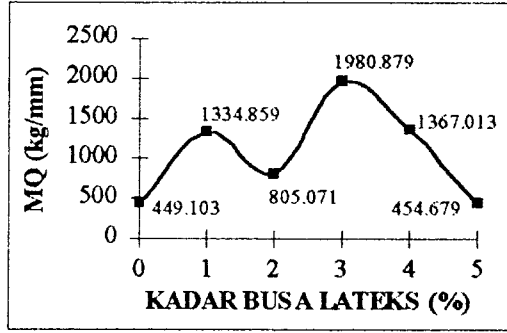
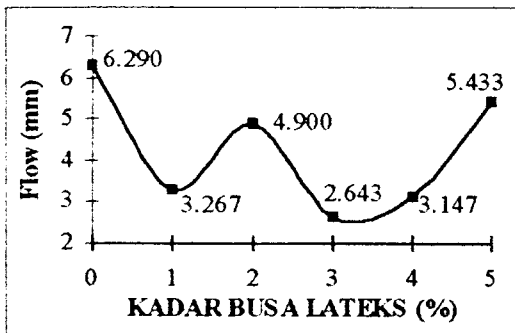
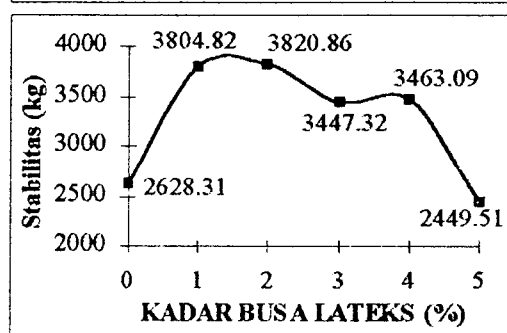
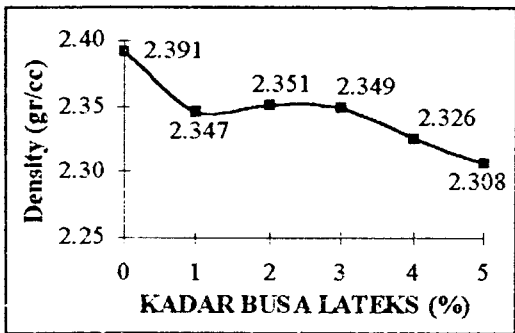
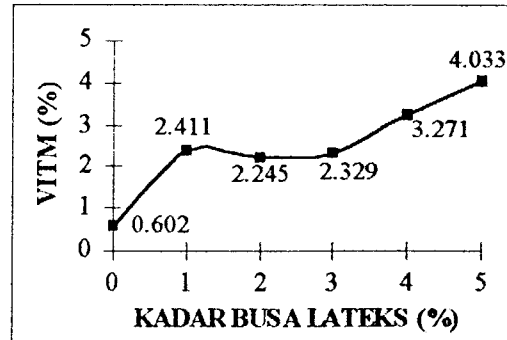
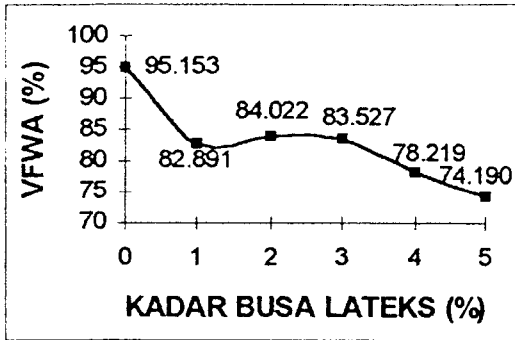
t = Tebal Benda Uji
a = % Aspal terhadap batuan
b = % Aspal terhadap Campuran
c = Berat kering (sebelum direndam)
d = Berat basah jernih (SSD)
e = Berat didalam air
f = Volume (isi) d-e
g = Berat isi c/f
h = B.J Maksimum (% Aggr/Bj Agr - % Asp/Bj Asp)
i = (b x g) - Bj Aspal
j = (100 - b) x g : Bj Agregat
k = Jumlah kandungan rongga (100-i-j)
l = Rongga terhadap agregat (100 - j)
m = Rongga yang terisi aspal (VFWA) 100 x (f/i)
n = Rongga yang terisi campuran 100 - (100 x (g/h))
o = Pembacaan antoj stabilitas
p = o x kal.brasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)
r = Flow (kelelahan plastis)
QM = Quinton Marshall
Suhu pencampuran = ± 160°C
Suhu pematangan = 160°C
Suhu waterbath = 60°C
B.J Aspal = 1,07
B.J Agregat = 2,60

Menghadap
Kepala Lab. Jalan Raya
(Ir. Iskandar S. MT)

Peneliti :
1. Adhy Rahmady
2. Heru Susetyono

KADAR ASPAL OPTIMUM + LIMBAH BUSA LATEKS DESIGN



LAMPIRAN 4

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS LIMBAH BUSA LATEKS DAN
PEMERIKSAAN SIFAT FISIK ASPAL DENGAN KADAR LIMBAH BUSA
LATEKS 2% DAN 4% PADA KADAR ASPAL OPTIMUM




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

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS LIMBAH BUSA LATEKS

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 14 Oktober 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukanto


No.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
1.	BERAT VICNOMETER KOSONG	118.02 gr
2.	BERAT VICNOMETER + AQUADEST	368 gr
3.	BERAT AIR (2 - 1)	249.98 gr
4.	BERAT VICNOMETER + LIMBAH BUSA LATEKS	120.02 gr
5.	BERAT ASPAL (4 - 1)	2 gr
6.	BERAT VICNOMETER + LIMBAH BUSA LATEKS + AQUADEST	358 gr
7.	BERAT AIR SAJA (6 - 4)	237.98 gr
8.	VOLUME LIMBAH BUSA LATEKS (3 - 7)	12 gr
9.	BERAT JENIS LIMBAH BUSA LATEKS : Berat / Vol (5 / 8)	0.167

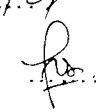
Mengetahui,

 Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady 

2. Heru Susetyono 



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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL
DENGAN KADAR LBL 2 %

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 31 Oktober 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
MULAI PEMANASAN	30°C	8.55
SELESAI PEMANASAN	140°C	9.10
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140°C	9.11
SELESAI	35°C	10.11
DIRENDAM AIR PADA SUHU 25 °C		
MULAI	35°C	10.15
SELESAI	25°C	11.15
DIPERIKSA		
MULAI	25°C	11.50
SELESAI	25°C	12.15

HASIL PENGAMATAN

No.	CAWAN I (mm)	CAWAN II (mm)	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1.	59		
2.	59		
3.	59		
4.	56		
5.	56		

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL
DENGAN KADAR LBL 2 %

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 30 Oktober 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
MULAI PEMANASAN	30 °C	8.30
SELESAI PEMANASAN	140 °C	09.00
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140 °C	09.00
SELESAI	35 °C	10.00
DIPERIKSA		
MULAI	10 °C	10.30
SELESAI	55 °C	10.55

HASIL PENGAMATAN

No.	SUHU YANG DIAMATI (°C)	WAKTU (Detik)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	30	0	0	57 °C	58 °C
2.	35	0.59	0.59		
3.	40	2.55	2.55		
4.	45	3.48	3.48		
5.	50	4.36	4.36		
6.	55	5.18	5.18		
7.	60	5.44	5.50		

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL
DENGAN KADAR LBL 4 %

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diteliti Oleh : Adhy Rahmady
Jenis Contoh : Heru Susetyono
Diperiksa Tgl. : 30 Oktober 2003 Diperiksa oleh : Bpk. Sukamto

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU (WIB)
MULAI PEMANASAN	30 °C	8.30
SELESAI PEMANASAN	140 °C	09.00
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	140 °C	09.00
SELESAI	35 °C	10.00
DIPERIKSA		
MULAI	10 °C	10.05
SELESAI	55 °C	10.25

HASIL PENGAMATAN

No.	SUHU YANG DIAMATI (°C)	WAKTU (Detik)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	30	0	0	59 °C	60 °C
2.	35	0.44	0.44		
3.	40	1.29	1.29		
4.	45	2.12	2.12		
5.	50	2.51	2.51		
6.	55	3.26	3.26		
7	60	3.53	4.00		

Mengetahui,

Kepala Lab Jalan Raya

(Ir. Iskandar S, MT)

Peneliti :

1. Adhy Rahmady

2. Heru Susetyono

LAMPIRAN 5

HASIL PEMERIKSAAN DAN PERHITUNGAN RENDAMAN MARSHALL
(IMMERSION TEST)



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UJI
 Jl. Kalurang Km. 14.4 Telp. 95330 Jogjakarta 55584

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Asal material : Cilereng
 Prophanse Aspal : Pertamina Cilacap.

Tanggal : 25 September 2003
 Diperiksa Oleh : Ir. Iskandar S. MT
 Di kerjakan Oleh : 1. Adhy Rahmady 2. Heru Susetyono

HASIL PEMERIKSAAN IMMERSION TEST

LBL (%)	Sample	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gr)	d (gr)	e (gr)	f (gr)	g (gr/cc)	h	i (%)	j (%)	k (%)	l (%)	VMA			VITM			Stabilitas	FLOW	MQ
															m (%)	n (%)	o (kg)	p (kg)	q (kg)	r (mm)			
0	I	61,70	5,708	5,4	1176	1182	674	508	2,315	2,405	11,683	84,556	3,761	15,444	75,648	3,742	607	2080,614	2176,322	1,82	1195,781		
0	II	62,17	5,708	5,4	1174	1179	669	510	2,302	2,405	11,618	84,081	4,301	15,919	75,982	4,283	568	1946,934	2011,182	2,65	758,957		
0	III	61,97	5,708	5,4	1172	1178	671	507	2,312	2,405	11,668	84,446	3,886	15,554	75,016	3,867	549	1881,807	1953,316	3,70	527,923		
2	I	63,03	5,708	5,4	1174	1183	668	515	2,280	2,405	11,507	83,277	5,216	16,723	69,809	5,198	1050	3653,362	3676,962	4,10	896,820		
2	II	62,00	5,708	5,4	1177	1183	677	506	2,326	2,405	11,739	84,957	3,304	15,043	78,036	3,285	820	2810,714	2917,521	2,50	1167,008		
2	III	63,37	5,708	5,4	1177	1185	670	515	2,285	2,405	11,532	83,460	5,008	16,540	69,722	4,990	1030	3530,531	3541,123	1,53	2314,459		
4	I	61,37	5,708	5,4	1176	1183	680	503	2,338	2,405	11,800	85,396	2,804	14,604	80,800	2,786	870	2982,099	3152,079	2,00	1459,429		
4	II	61,77	5,708	5,4	1181	1188	683	505	2,339	2,405	11,804	85,432	2,764	14,568	81,027	2,744	810	2776,437	2898,600	3,25	891,877		
4	III	62,10	5,708	5,4	1176	1183	676	507	2,320	2,405	11,708	84,738	3,554	15,262	76,713	3,534	970	3324,869	3441,239	5,10	674,793		
									2,332					14,811	79,513	3,021					3163,973	3,450	1047,556

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

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

r = Flow (kelelahan plastis)
 QM = Quentio:1 Marshal
 Suhu pencampuran = ± 160°C
 Suhu pematatan = 160°C
 Suhu waterbath = 60°C
 B.J Aspal = 1,07
 B.J Agregat = 2,60

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya
 (Ir. Iskandar S. MT)

Peneliti :
 1. Adhy Rahmady
 2. Heru Susetyono

LAMPIRAN 6

HASIL PEMERIKSAAN DAN PERHITUNGAN KOHESI

PENGUJIAN COHESIOMETER – HVEEM

No.	Kadar L B L	Kode Benda Uji	Berat Shot (gram)	Tinggi (inch)	Diameter (inch)	Nilai Kohesi (gram / inch)
1.	0 %	I	4606.9	2.52	4.08	3969.46
		II	4371.9	2.57	4.08	3623.07
		III	2976.9	2.47	4.08	2668.93
Rata-rata			3985.23	2.52	4.08	3433.81
2.	2 %	I	3468.9	2.48	4.08	3085.23
		II	5449.9	2.48	4.08	4847.13
		III	5491.9	2.49	4.08	4845.68
Rata-rata			4803.57	2.48	4.08	4260.92
3.	4 %	I	4365.9	2.43	4.08	4042.96
		II	6136.9	2.49	4.08	5414.78
		III	4663.9	2.51	4.08	4050.37
Rata-rata			5055.57	2.48	4.08	4508.41

Keterangan :

$$C = \frac{L}{W (0,002 H + 0,044 H^2)}$$

C = Nilai Kohesi (gram / inch)

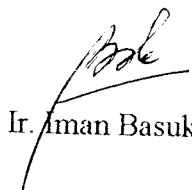
L = Berat Shot (gram)

W = Diameter Sampel (inch)

H = Tinggi Sampel (inch)

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya UGM Jogjakarta


 (Ir. Aman Basuki)