

## TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	28 03 2003
NO. JUDUL :	000 390
NO. INV. :	512 0000 390001
NO. INDUK :	

# PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR PEMADATAN PADA HOT ROLLED ASPHALT DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET TERHADAP MARSHALL PROPERTIES, ANGKA POISSON DAN DEFORMASI PLASTIS



*Disusun oleh :*

ARIYA ASGHARA 97 511 209

DJASUN DASA EKA 97 511 345

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

2003

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

# **TUGAS AKHIR**

## **PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR PEMADATAN PADA HOT ROLLED ASPHALT DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET TERHADAP MARSHALL PROPERTIES, ANGKA POISSON DAN DEFORMASI PLASTIS**

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

**Nama : ARIYA ASGHARA  
No. Mhs : 97 511 209  
Nirm : 970051013114120167**

**Nama : DJASUN DASA EKA  
No. Mhs : 97 511 345  
Nirm : 970051013114120278**

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

**2003**

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR PEMADATAN PADA HOT ROLLED ASPHALT DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET TERHADAP MARSHALL PROPERTIES, ANGKA POISSON DAN DEFORMASI PLASTIS

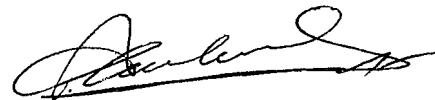
Nama : ARIYA ASGHARA  
No. Mhs : 97 511 209  
Nirm : 970051013114120167

Nama : DJASUN DASA EKA  
No. Mhs : 97 511 345  
Nirm : 970051013114120278

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Subarkah, MT

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 04-03-2003

Miftahul Fauziah, ST, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 04.03.2003

**"AYAHANDA & BUNDA TERCINTA"  
TERIMA KASIH...ANANDA UCAPKAN,  
ATAS CINTA DAN KASIH SAYANG  
YANG BERARTI...**

**KALIAN PEMBUKA MATA HATI...  
PEMBUKA LUAS SAMUDRA**

**HANYA DOA TULUS...  
ANANDA PERSEMBAHKAN**

**BUAT KAKAK & ADIK-ADIKKU :  
MUDAH-MUDAHAN KALIAN MENJADI ORANG YANG  
BERILMU & BERGUNA..  
BUAT DIRI SENDIRI, ORANG TUA DAN MASYARAKAT  
SERTA AGAMA**

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkah dan rahmat yang telah dilimpahkan-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat dan salam pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Tugas Akhir dalam bentuk penelitian laboratorium dengan judul "PENGARUH PENURUNAN TEMPERATUR PEMADATAN PADA HOT ROLLED ASPHALT DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET TERHADAP MARSHALL PROPERTIES, ANGKA POISSON DAN DEFORMASI PLASTIS" ini penulis ajukan sebagai syarat guna memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dengan selesainya laporan ini, tidak lupa penyusun mengucapkan banyak terima kasih atas segala bimbingan, saran dan pengarahan serta nasehat, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. Subarkah, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji,

4. Ibu Ir. Miftahul Fauziah, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji,
5. Bapak Ir. Iskandar, MT, selaku Dosen Penguji,
6. Orang tua tercinta Ayahanda Ir. Syafril Maulana dan Ibunda Sri Mulyani yang telah banyak memberikan dukungannya baik secara materil maupun inmateril dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
7. Kakakku beserta Ponakanku yang lucu “Mbak Riris with Firly”, Adik-adikku yang manis dan jail “Dek Tya & Dek Aldy”,
8. Mas Sukamto dan Mas Pranoto, selaku pegawai Lab. Jalan Raya Universitas Islam Indonesia,
9. Bapak Ir. Basuki, selaku pegawai Lab. Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada,
10. Terutama buat I’in “Hilyati Rivai Bungsu” Mdn –Thank’s for The Lancernya-, Ika “Meong” with Rani,
11. Teman-teman Lab. dan TA.ku : Djasun “My Best Friend”, Aviv Maulana & Ipin, Apri with Agung, Innaka CS Wahyu, Mas Helmy “The Big Bos” ‘82 VS Mas Antok ‘92, Mas-Jabrik-Deni ‘88 dan Mas Udin ‘92, Bapak Dedy “B-kp” & Daus Gundul, Kecret ”Croot!” with Gembuxs, Adi “Jambul” Black & Asna,
12. Teman-temanku : Sigit “PakLek”, A-yoK\_Ojek “Oi.....Kapan TA.nya!!!”, drg. Mira“Mia”Hilda “Thank’s ya...Kamu tu Baeek....Banget udah ngedukung aku”, Ruby\_Marzuko with Dedek-Cute, Tera Djsn.....”Ditunggu Undangannya!!!”, Dita “The Djsn

Sister”, Triyono “Begeng” with siRoy “Tank’s atas semua bantuannya”,

13. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,

14. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan segala kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya, semoga hasil penelitian yang telah disajikan dalam Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan khususnya bagi penyusun sendiri, Amin.

Wabillahi Taufiq Wal Hidayah Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 28 Februari 2003

Penyusun,

## ***Intisari***

*Permasalahan teknis yang sering dialami pada saat pekerjaan lapis perkerasan dilapangan adalah jauhnya jarak antara lokasi AMP dengan lokasi penghamparan. Jauhnya jarak lokasi tersebut bisa mengakibatkan terjadinya penurunan temperatur yang secara langsung ataupun tidak langsung akan menyebabkan menurunnya kualitas akhir konstruksi lapis perkerasan akibat meningkatnya nilai VITM. Salah satu upaya untuk memberikan perlindungan terhadap penurunan temperatur agar tetap memenuhi temperatur minimum penggilasan yang diisyaratkan adalah dengan menambahkan parutan ban karet ke dalam campuran tersebut. Lewat penelitian ini, akan coba diketahui sejauh mana penambahan parutan ban karet pada campuran HRA dapat mengurangi pengaruh penurunan temperatur pemadatan terhadap Marshall Properties, angka Poisson dan deformasi plastis.*

*Penelitian ini dimulai dengan membuat campuran HRA yang ditambahkan dengan parutan ban karet lolos saringan #25 kedalam aspal dengan KAO 6,375% yang besarnya sesuai dengan persentasi kadar yaitu 1% hingga merata. Selanjutnya aspal yang sudah ditambahkan parutan ban karet dicampur dengan agregat untuk pembuatan benda uji dengan variasi temperatur pemadatan benda uji 139<sup>0</sup> C, 134<sup>0</sup> C, 129<sup>0</sup> C. Sebagai pembanding dibuat juga benda uji campuran HRA tanpa parutan ban karet. Pengujian untuk keseluruhan benda uji menggunakan Marshall Test, Indirect Tensile Test untuk mendapatkan angka Poisson dan Hveem Stabilometer untuk menentukan besarnya deformasi plastis yang terjadi.*

*Hasil penelitian dengan mempertimbangkan seluruh komponen Marshall yang meliputi stabilitas, flow, VITM, VFWA, density, MQ menunjukkan bahwa penambahan parutan ban karet pada campuran HRA tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 ketika dilakukan penurunan temperatur pemadatan. Untuk angka Poisson, kedua jenis campuran HRA menghasilkan nilai terendah pada temperatur pemadatan 134<sup>0</sup> C. Hal ini menunjukkan kecilnya nilai perbandingan antara regangan lateral dan regangan aksial campuran karena beban sejajar sumbu, sehingga campuran memiliki stabilitas tinggi. Nilai Stabilometer terbesar kedua jenis campuran yang mengindikasikan kecilnya deformasi plastis yang terjadi, diperoleh pada temperatur pemadatan 129<sup>0</sup> C.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSYARATAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	4
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Manfaat Penelitian.....	5
1.4. Batasan Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Aspal.....	7
2.2. Agregat.....	9
2.3. Bahan Tambah ( <i>Additive</i> ).....	10
2.4. Campuran Aspal.....	11
2.5. Hasil Penelitian Sebelumnya.....	13

<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>13</b>
	3.1. Perkerasan Jalan.....	15
	3.2. Bahan Perkerasan.....	18
	3.3. Karakteristik Perkerasan.....	20
	3.4. Karakteristik <i>Marshall</i> .....	24
	3.5. Kadar Aspal Dalam Campuran.....	25
	3.6. Deformasi Plastis.....	26
	3.7. Angka <i>Poisson</i> .....	28
	3.8. Pengujian <i>Hveem Stabilometer</i> .....	29
	3.9. Perbedaan Metode <i>Marshall</i> dan <i>Hveem Stabilometer</i> .....	31
<b>BAB IV</b>	<b>HIPOTESIS.....</b>	<b>32</b>
<b>BAB V</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>32</b>
	5.1. Metode Penelitian.....	34
	5.2. Cara Memperoleh Data.....	46
	5.3. Analisis.....	49
<b>BAB VI</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>49</b>
	6.1. Hasil Penelitian.....	55
	6.2. Pembahasan.....	76
<b>BAB VII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>76</b>
	7.1. Kesimpulan .....	80
	7.2. Saran .....	xv
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvi</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xviii</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. Grafik Hubungan antara Stabilitas dengan Temperatur	
Pemadatan.....	55
Gambar 6.2. Grafik Hubungan antara <i>Flow</i> dengan Temperatur	
Pemadatan.....	58
Gambar 6.3. Grafik Hubungan antara VITM dengan Temperatur	
Pemadatan.....	61
Gambar 6.4. Grafik Hubungan antara VFWA dengan Temperatur	
Pemadatan.....	63
Gambar 6.5. Grafik Hubungan antara <i>Density</i> dengan Temperatur	
Pemadatan.....	65
Gambar 6.6. Grafik Hubungan antara MQ dengan Temperatur	
Pemadatan.....	66
Gambar 6.7. Grafik Hubungan Angka <i>Poisson</i> dengan Temperatur	
Pemadatan.....	71
Gambar 6.8. Grafik Hubungan antara Load dengan Temperatur	
Pemadatan.....	71
Gambar 6.9. Grafik Hubungan Nilai <i>Stabilometer</i> dengan Temperatur	
Pemadatan.....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar <i>Hot Rolled Asphalt</i> .....	16
Tabel 3.2. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i> .....	16
Tabel 3.3. Persyaratan Beberapa Jenis Aspal.....	18
Tabel 3.4. Persyaratan Nilai Spesifikasi <i>Marshall Properties</i> .....	20
Tabel 5.1. Persyaratan Agregat Kasar.....	37
Tabel 5.2. Persyaratan Aspal AC 60-70, Spesifikasi Bina Marga.....	38
Tabel 5.3. Perencanaan Campuran Dengan 3 Variasi Penurunan Temperatur Pemadatan.....	39
Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	49
Tabel 6.2. Hasil Pengujian Agregat Halus.....	50
Tabel 6.3. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60-70.....	50
Tabel 6.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> campuran HRA Tanpa Bahan Tambah...	51
Tabel 6.5. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	52
Tabel 6.6. Hasil Pengujian Tarik Tak Langsung Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah.....	53
Tabel 6.7. Hasil Pengujian Tarik Tak Langsung Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	53
Tabel 6.8. Hasil Pengujian <i>Hveem Stabilometer</i> Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah.....	54

Tabel 6.9. Hasil Pengujian <i>Hveem Stabilometer</i> Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	54
Tabel 6.10. Hasil Pengujian Penurunan Temperatur Pematatan Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah Terhadap Spesifikasi Bina Marga 1983 Untuk Lalu Lintas Berat.....	68
Tabel 6.11. Hasil Pengujian Penurunan Temperatur Pematatan Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet Terhadap Spesifikasi Bina Marga 1983 Untuk Lalu Lintas Berat.....	68
Tabel 6.12. Angka <i>Poisson</i> Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah.....	69
Tabel 6.13. Angka <i>Poisson</i> Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	70
Tabel 6.14. Nilai <i>Stabilometer</i> Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah.....	72
Tabel 6.15. Nilai <i>Stabilometer</i> Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	73
Tabel 6.16. Hasil Pengujian <i>Marshall, Indirect Tensile Test</i> dan <i>Hveem</i> <i>Stabilometer</i> pada Campuran HRA.....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Peserta Tugas Akhir.....	1
Lampiran 2. Lembar Konsultasi Tugas akhir.....	2
Lampiran 3. Surat Keterangan.....	3
Lampiran 4. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	4
Lampiran 5. Pemeriksaan Daktilitas ( <i>Ductility</i> ) / <i>Residue</i> .....	5
Lampiran 6. Pemeriksaan Kelarutan Dalam <i>CCL<sub>4</sub></i> .....	6
Lampiran 7. Pemeriksaan Penetrasi Aspal.....	7
Lampiran 8. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal.....	8
Lampiran 9. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.....	9
Lampiran 10. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.....	10
Lampiran 11. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Parutan Ban Karet.....	11
Lampiran 12. Pemeriksaan Berat Jenis Parutan Ban Karet.....	12
Lampiran 13. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal.....	13
Lampiran 14. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan.....	14
Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	15
Lampiran 16. Pemeriksaan Keausan Agregat ( <i>Abrasi Test</i> ) AASHTO T96-77.....	16
Lampiran 17. Pemeriksaan <i>Sand Equivalent Data</i> AASHTO T176-33.....	17
Lampiran 18. Pemeriksaan Berat Jenis agregat Kasar.....	18
Lampiran 19. Hasil Pemeriksaan Marshall Test Tanpa Campuran Bahan	

Tambah.....	19
Lampiran 20. Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet.....	20
Lampiran 21. Hasil Pengujian <i>Hveem Stabilometer</i> .....	21
Lampiran 22. Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Test</i> .....	22
Lampiran 23. Viskositas Aspal Penetrasi 60-80.....	23
Lampiran 24. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian.....	24

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi dan industri Nasional sangat terkait dengan sarana transportasi jalan. Hal ini dikarenakan jalan memegang peranan penting dalam melancarkan transportasi manusia, barang dan jasa. Oleh karena itu, pembangunan dan peningkatan jalan harus dipacu perkembangannya agar dapat melayani arus transportasi yang memenuhi syarat, baik secara teknis maupun ekonomis serta diharapkan dapat memberikan kenyamanan dan keamanan dalam pelayanan lalu lintas.

Umumnya perkerasan jalan direncanakan untuk jangka masa pelayanan yang disesuaikan dengan kondisi lalu lintas, beban, tekanan roda dan jumlah kendaraan. Sejalan dengan perkembangan ekonomi di Indonesia, menyebabkan lalu lintas menjadi semakin padat dan berat sehingga mengundang terjadinya ragam kerusakan seperti *rutting*, *bleeding*, retak dan deformasi pada perkerasan jalan.

Seperti diketahui, pelaksanaan pekerjaan struktural dilapangan sering ditemui kendala berupa jarak antara lokasi AMP dengan lokasi penghamparan yang cukup jauh. Sedangkan kualitas hasil akhir konstruksi lapis perkerasan sangat dipengaruhi oleh kecermatan dan keterampilan dalam pelaksanaan



penggilasan dilapangan. Temperatur campuran saat penggilasan sangat berpengaruh terhadap kemudahan pelaksanaan (*Workability*), mutu dan keawetan (*Durability*) dari perkerasan yang dihasilkan.

Meskipun telah dilakukan perlindungan terhadap penurunan temperatur campuran selama proses pengangkutan dari AMP hingga ke lokasi penghamparan, seringkali temperatur campuran telah mengalami penurunan sedemikian rupa sehingga tidak memenuhi temperatur minimum penggilasan yang diisyaratkan. Dengan menurunnya temperatur, menyebabkan terjadinya kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan dan menyebabkan meningkatnya nilai VITM atau jumlah persentase rongga secara berlebihan sehingga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada perkerasan.

Salah satu upaya untuk mengurangi pengaruh penurunan temperatur pemadatan adalah dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*Additive*) kedalam aspal yang berupa *Polymer*. Dengan penambahan *additive* tersebut, diharapkan dapat mengurangi persentase rongga udara yang ada sehingga diperoleh perkerasan campuran yang diinginkan. Saat ini, telah banyak beredar aspal modifikasi berupa *Polymer Modified Binder* yang merupakan hasil produksi luar negeri, dimana harganya  $\pm 5$  kali dari aspal konvensional. Hal ini merupakan tantangan bagi kita untuk melihat apakah *Polymer* dalam negeri dapat digunakan sesuai dengan kriteria yang diisyaratkan.

Ban bekas sebagai salah satu jenis *Polymer Elastomeric* ternyata dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan *Polymer Modified Binder*. Sampai sejauh ini ketersediaan akan ban bekas sendiri cukup besar dan sejalan dengan

peningkatan dan penggunaan kendaraan itu sendiri, sehingga memungkinkan penggunaan ban bekas pada campuran aspal disamping pemanfaatan limbah itu sendiri. Apalagi dengan didukung oleh perkembangan teknologi bahan dewasa ini, sangat mendukung para peneliti untuk melakukan penelitian dengan menggunakan material lain sebagai alternatif komponen campuran atau bahan tambah (Additive).

Hasil akhir suatu campuran aspal dengan *Polymer* sangat tergantung dari berbagai faktor salah satunya adalah temperatur. Dengan menurunnya temperatur, menyebabkan terjadinya kenaikan viskositas aspal. Penurunan temperatur baik secara langsung ataupun tidak langsung akan menyebabkan menurunnya kualitas konstruksi lapis perkerasan (The Asphalt Institute, 1983).

Angka *Poisson* merupakan perbandingan antara regangan horizontal (Lateral Strain) dan regangan vertikal (Axial Strain) yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial. Jika suatu lapis perkerasan menerima beban dengan arah horizontal dan vertikal, maka perkerasan tersebut akan mengalami suatu deformasi atau perubahan bentuk secara plastis maupun elastis. Dengan mengetahui angka *Poisson*, diharapkan bisa mengetahui sampai sejauh mana suatu perkerasan mampu menerima beban lalu lintas (Yoder and Witzak, 1975).

Atas pertimbangan diatas, maka peneliti mencoba melakukan penelitian sampai sejauh mana pengaruh penurunan temperatur pemadatan terhadap *Marshall Properties*, Angka *Poisson* dan deformasi plastis pada campuran HRA dengan menggunakan bahan tambah parutan ban bekas.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perilaku campuran *Hot Rolled Asphalt* dengan bahan tambah limbah ban karet terhadap *Marshall Properties* (Stability, Flow, Density, VFWA, VITM, dan MQ), Angka *Poisson*, dan deformasi plastis pada penurunan temperatur pemadatan.,
2. Membandingkan hasil campuran aspal karet dan aspal biasa pada penurunan temperatur pemadatan dilapangan dengan jenis lalu lintas berat.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan limbah ban bekas sebagai bahan tambah mampu mengatasi permasalahan yang sering terjadi dilapangan yang disebabkan penurunan temperatur pemadatan. Penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan serta sehingga dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pelaksanaan pekerjaan *Hot Rolled Asphalt*.

#### 1.4. Batasan Penelitian

Untuk memperjelas lingkup permasalahan dan untuk memudahkan dalam menganalisis, maka dibuat batasan-batasan yang meliputi :

1. Bahan tambah yang digunakan adalah limbah ban karet hasil vulkanisir, berbentuk parutan dengan kadar 1% dengan Kadar Aspal Optimum 6,375% (M. Agus Hana Sikpri dan Emmie Fatkhunnajah, 2002),
2. Jenis aspal AC 60-70 diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya, Universitas Islam Indonesia,
3. Filler yang dipergunakan adalah abu batu,
4. Penelitian ini mengacu kepada spesifikasi campuran HRA Dirjen Bina Marga,
5. Jenis lalu lintas yang digunakan adalah lalu lintas berat,
6. Penelitian menggunakan metode *Marshall Test*, Uji Tarik Tak Langsung (Indirect Tensile Test) dan *Hveem Stabilometer*,
7. Penelitian ini dilakukan tanpa membahas unsur kimia yang dikandung dalam ban karet.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Aspal

Secara umum aspal dikenal sebagai material yang lengket, bersifat *viscoelastic* pada suhu kamar, dan berwarna coklat gelap sampai hitam. Aspal sebagai material penting dalam perkerasan dapat didefinisikan sebagai salah satu cairan kental atau padat yang terdiri dari bahan utama *Hydrocarbon* dan unsur-unsur lainnya yang dapat larut dalam cairan *Carbon Disulphida* ( $CS_2$ ) dan *Trichloroethylene* ( $C_2HCl_3$ ). Aspal mempunyai sifat-sifat tersendiri yaitu akan melembek secara berangsur-angsur bila aspal dipanaskan dan mempunyai sifat lebih kedap air serta memiliki daya lekat (*Adhesi*) yang baik. Aspal didapat dari proses penyulingan minyak dan endapan alami. Fungsi aspal di dalam campuran adalah sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga diharapkan dapat memberikan kekuatan yang lebih besar dibandingkan kekuatan masing-masing agregat itu sendiri (Krebs and Walker, 1971).

Aspal yang sering digunakan dalam pelaksanaan dilapangan khususnya di Indonesia adalah aspal keras hasil destilasi minyak bumi dengan jenis AC 60-70 dan AC 70-80. Aspal jenis ini dipilih dengan pertimbangan penetrasi aspal relatif lebih rendah sehingga aspal tersebut dapat dipakai pada lalu lintas tinggi, tahan

terhadap cuaca panas. Aspal keras ini sangat sesuai dengan kondisi iklim di Indonesia yang bersifat tropis. Aspal jenis AC adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta akan membentuk padat pada keadaan temperatur ruang (Silvia Sukirman, 1992).

## **2.2. Agregat**

Agregat adalah material yang dominan dalam campuran aspal. Diperkirakan agregat mengisi 90% sampai dengan 95% dari berat campuran atau 75% sampai dengan 85% dari volume campuran. Fungsi agregat dalam campuran adalah menerima beban yang dipikul oleh perkerasan jalan. Pemilihan agregat sangat penting dalam campuran aspal karena berkaitan dengan kestabilan dari konstruksi jalan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat adalah ketersediaan bahan ditempat lokasi, jenis konstruksi, ukuran, gradasi, kekerasan, keausan, daya lekat terhadap aspal, bentuk butiran, tekstur permukaan dan kemampuan penyerapan. Agregat yang biasa digunakan dalam campuran beraspal dibagi dalam tiga kelompok yaitu agregat kasar, halus dan bahan pengisi (Filler).

### **2.2.1. Agregat Kasar**

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan 2,36 mm yaitu saringan dengan No. 8 standar *ASTM*. Agregat kasar yang akan digunakan pada campuran harus mengikuti gradasi agregat, keras, bersih dari kotoran atau bahan-bahan yang tidak diinginkan. Fungsi agregat kasar di dalam campuran adalah sebagai pengembang volume campuran sehingga campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan dan meningkatkan stabilitas.

### 2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah bahan yang lolos saringan 2,36 mm dan tertahan pada saringan 0,074 mm yaitu saringan dengan No. 200 standar *ASTM*. Fungsi utama dari agregat halus adalah meningkatkan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel agregat. Agregat halus harus mempunyai kekerasan yang tinggi dan permukaan yang bersudut (*Angularity*) agar tidak mudah pecah dan hancur dalam pelaksanaannya. Fraksi agregat halus di dalam mortar mempunyai pengaruh yang penting pada perilaku campuran beraspal, yaitu pada pendistribusian tegangan akibat beban yang diterima pgn akibat beban yang diterima pang digunakan pada campuran beraspal umumnya menggunakan pasir dan bahan pengisi dari pecahan batu.

### 2.2.3. Bahan Pengisi

Bahan pengisi adalah material yang lolos saringan berukuran 0,074 mm standar *ASTM* dan berfungsi memodifikasi gradasi agregat halus sehingga dapat meningkatkan kepadatan campuran dan mengurangi jumlah aspal yang dibutuhkan campuran untuk mengisi rongga. Bahan pengisi dan aspal akan membentuk suatu pasta secara bersama-sama yang dapat mengikat pasir dan membentuk mortar (Brien, 1978). Jumlah dan tipe bahan pengisi yang digunakan pada suatu campuran sangat mempengaruhi kualitas suatu campuran yaitu memenuhi kepadatan dan kekuatan perkerasan. Perencanaan campuran dengan kadar bahan pengisi yang tinggi, akan menghasilkan stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kadar bahan pengisi yang rendah (Brown,

et.al, 1989). Partikel bahan pengisi, akan mengisi rongga antara partikel agregat sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan kekuatan campuran (Rao dan Sen, 1973). Meskipun bahan pengisi dapat meningkatkan stabilitas suatu campuran, namun kadar penggunaannya perlu dibatasi sebab kadar bahan pengisi yang terlalu tinggi akan menghasilkan suatu campuran yang bersifat getas dan mudah retak pada saat menerima beban lalu lintas. Dilain pihak jika kadar bahan pengisi terlalu rendah akan menyebabkan campuran menjadi lembek pada saat cuaca panas.

### **2.3. Bahan Tambah (Additive)**

Salah satu alasan utama dari menurunnya kemampuan dan keawetan perkerasan lentur jalan raya adalah lemahnya perlawanan campuran terhadap pengaruh merusak yang diakibatkan oleh air dan perubahan temperatur secara terus menerus. Pada campuran, untuk dapat mempertahankan kemampuan dan keawetan biasanya dibcrikan suatu bahan tambah (Additive). Penggunaan bahan tambah didasarkan pada fungsinya yang dapat :

- a. Mencegah terjadinya segregasi pada saat pencampuran, pengangkutan maupun penghamparan,
- b. Menaikkan titik lembek aspal sehingga diatas temperatur permukaan perkerasan,
- c. Meningkatkan viskositas aspal sehingga mencegah efek pengaliran aspal dalam campuran,
- d. Meningkatkan stabilitas dinamis perkerasan.



## 2.4. Campuran Aspal

Konstruksi perkerasan lentur merupakan campuran antara aspal dan agregat. Aspal dalam campuran bersifat sebagai perekat dan pengisi, sedangkan agregat berfungsi sebagai tulangan struktur perkerasan yang memberikan nilai stabilitas dan kekakuan. Campuran berdasarkan kemampuan mendistribusikan beban, dibedakan atas campuran yang memiliki nilai struktural dan campuran yang tidak memiliki nilai struktural.

### 2.4.1. LATASTON (Lapis Tipis Aspal Beton) atau *Hot Rolled Sheet* (HRS)

Campuran ini menggunakan gradasi timpang, dimana aspal ditambah filler dicampur pada suhu tertentu dan tergantung pada nilai penetrasi aspal yang digunakan, kemudian dipadatkan pada suhu minimal 140° C dengan tebal antara 2,5 cm atau 3 cm. Fungsi utama dari campuran ini adalah sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air. Lapis ini umumnya digunakan pada jalan yang sudah beraspal. Campuran jenis ini dianggap tidak memiliki nilai struktural.

### 2.4.2. *Hot Rolled Asphalt* (HRA)

Merupakan campuran bergradasi senjang dengan kandungan mortar, campuran antara agregat halus, filler dan aspal antara 50% sampai 80%. Kinerja campuran HRA sangat ditentukan oleh kinerja mortar. Campuran ini memiliki durabilitas yang tinggi, kedap air dan lebih mudah dihamparkan serta dipadatkan.

### 2.4.3. LASTON (Lapis Aspal Beton) atau *Asphalt Concrete* (AC)

Campuran jenis ini menggunakan gradasi menerus dan rapat, dengan suhu minimum 115° C untuk pencampuran dan 110° C sewaktu dihamparkan dan dipadatkan. *Asphalt Concrete* ini berfungsi sebagai pendukung lalu lintas,

pelindung lapisan dibawahnya dari cuaca dan air, sebagai lapis aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata namun tidak licin. Kinerja campuran ini tergantung oleh sifat *interlocking* (saling mengunci) antar agregat.

## 2.5. Hasil Penelitian Sebelumnya

M. Agus Hana Sikpri. S dan Emmie Fatkhunnajah (2002) dalam penelitiannya dengan topik “Pengaruh Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah Pada *Hot Rolled Asphalt* Berdasarkan Sifat-Sifat *Marshall*” sebesar 1% sampai dengan 5%, menyatakan bahwa :

1. Dengan penambahan parutan ban karet sebesar 1% sampai dengan 4% dapat meningkatkan nilai stabilitas. Selain itu dengan penambahan parutan ban karet pada campuran aspal menyebabkan rongga-rongga yang ada pada campuran menjadi lebih kecil karena parutan ban karet dapat mengisi rongga-rongga yang kosong, sehingga kepadatannya meningkat dan menyebabkan nilai stabilitas menjadi lebih besar. Sedangkan penambahan parutan ban karet lebih dari 4% mengakibatkan nilai stabilitas menjadi turun karena jumlah aspal karet yang menyelimuti agregat menjadi berlebihan sehingga ikatan antar agregat menjadi licin dan gesekan antar agregat menjadi kecil,
2. Dengan penambahan kadar parutan ban dapat meningkatkan nilai *flow*. Hal ini disebabkan jumlah parutan ban karet yang ditambah berlebihan dapat membuat gerakan diantara agregat menjadi lebih mudah dan

kemudian akan menimbulkan deformasi yang lebih besar apabila terjadi pembebanan,

3. Dengan penambahan parutan ban karet, menyebabkan nilai VITM akan semakin kecil. VITM yang kecil, disebabkan semakin banyak kadar parutan ban karet yang ditambahkan semakin banyak pula rongga yang dapat diisi oleh aspal karet tersebut dan ketika dilakukan pemadatan pemadatan, aspal karet dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi pada campuran,
4. Dengan penambahan parutan ban karet menyebabkan nilai VFWA menjadi naik. Nilai VFWA yang naik disebabkan karena aspal karet yang semakin banyak dapat membuat jumlah aspal yang mengisi rongga pada campuran akan menjadi lebih besar,
5. Diperoleh kadar aspal optimum sebesar 6,375% pada campuran aspal biasa. Untuk penambahan parutan ban karet yang dapat meningkatkan kinerja perkerasan didapat kadar parutan sebesar 1% dari berat aspal optimum. Proses pencampuran aspal karet dilakukan pada suhu 160° C. Setelah suhu mencapai 140° C, maka dilakukan pemadatan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 2 x 75.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang berada di atas tanah dasar yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dengan aman dan nyaman. Umumnya perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapis dengan kualitas bahan semakin keatas maka kualitas yang digunakan semakin baik. Perkerasan itu sendiri dibagi atas :

1. Perkerasan lentur (Flexible Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat dan mempunyai sifat fleksibel,
2. Perkerasan kaku (Rigid Pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikatnya,
3. Perkerasan komposit (Composit Pavement), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

Menurut *Asphalt Technology and Construction Practice* (The Asphalt Institute MS-22, 1983), struktur perkerasan jalan terdiri atas :

1. Lapis permukaan (Surface Course),
2. Lapis pondasi atas (Base Course),
3. Lapis pondasi bawah (Sub Base Course),
4. Tanah dasar (Subgrade).

Masing-masing lapisan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Fungsi dari masing-masing lapisan adalah sebagai berikut :

1. Lapis permukaan (Surface Course)
  - a. Memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin,
  - b. Mendukung dan meyebarkan beban vertikal maupun horizontal atau gaya geser dari beban kendaraan,
  - c. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi lapis dibawahnya,
  - d. Sebagai lapis aus.
2. Lapis pondasi atas (Base Course)
  - a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan,
  - b. Pemikul beban horizontal dan vertikal,
  - c. Lapisan peresapan bagi lapis pondasi bawah.
3. Lapis pondasi bawah (Sub Base Course)
  - a. Menyebarkan beban roda,
  - b. Sebagai lapis peresapan,
  - c. Sebagai lapisan yang mencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi,
  - d. Sebagai lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan.
4. Tanah dasar (Subgrade)

Tanah dasar merupakan tanah asli, permukaan tanah timbunan atau permukaan tanah galian yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan.

## 3.2. Bahan Perkerasan

### 3.2.1. Agregat

Agregat secara umum didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan pejal atau merupakan suatu bahan yang terdiri atas mineral padat, berupa massa besar maupun fragmen-fragmen (Silvia Sukirman, 1992) dan secara khusus agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan yang merupakan bahan utama konstruksi jalan (Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13/PT/B/1983).

Agregat merupakan komponen utama dari lapis perkerasan jalan yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan mineral (Silvia Sukirman, 1992). Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk tekstur permukaan dan kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dari sifat kimianya (Kerb and Walker, 1971).

*British Standard Institution (1985)* membagi komposisi agregat kasar, agregat halus dan agregat campuran untuk *Hot Rolled Asphalt* seperti pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.1. 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 3.2. Persyaratan Gradasi Agregat Campuran *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran saringan	Persentase lolos saringan (%)	
	Spesifikasi	Nilai tengah
12,7 mm (1/2")	100	100
9,52 mm (3/8")	85-100	92,5
6,30 mm (1/4")	60-90	75
2,38 mm (#8)	60-72	66
0,29 mm (#30)	25-45	35
0,212 mm (#70)	15-30	22,5
0,074 mm (#200)	8-12	10

Sumber : *British Standard Institution 594, 1985*

### 3.2.2. Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang lolos saringan No. 200. Filler atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga diantara partikel agregat guna mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kepadatan dan kerapatan dari massa tersebut. Filler dapat berupa abu kapur, semen *portland* atau abu batu. Pada penelitian ini digunakan abu batu sebagai filler.

### 3.2.3. Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa *Hidrokarbon*, berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang tersusun dari *Asphaltnes, Maltenes, Resin dan Oils*. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak dan cair sehingga dapat membungkus partikel agregat sewaktu pembuatan campuran. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Silvia Sukirman, 1992). Pada penelitian ini digunakan aspal semen (AC) yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas yang didapat dari penyulingan minyak bumi dengan kadar parafin rendah (Napthan Base Crude Oils) kurang dari 2%.

Aspal yang dipergunakan pada perkerasan jalan berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri,
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butiran agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.



Tabel 3.3. Persyaratan Beberapa Jenis Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Pen. 40		Pen. 60		Pen. 80	
		Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
1.	Penetrasi 25° C, 100 gr. 5 dtk (0,1 mm)	40	59	60	80	80	99
2.	Titik lembek ( <i>Ring and Ball</i> ) (° C)	51	63	48	58	46	54
3.	Titik nyala ( <i>Cleveland Open Cup</i> ) (° C)	200	-	200	-	25	-
4.	Daktilitas 25° C, 5 cm per menit (cm)	75	-	100	-	100	-
5.	Kelarutan $CCL_4$ (% berat)	99	-	99	-	99	-
6.	Berat jenis 25° C	1	-	1	1	1	-

Sumber : *Spesifikasi Teknik, Direktorat Bina Marga, 1983.*

### 3.3. Karakteristik Perkerasan

Karakteristik suatu perkerasan akan dinilai baik apabila memenuhi beberapa kriteria, antara lain sebagai berikut :

#### 3.3.1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran untuk menerima beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas. Sumber stabilitas tergantung dari campuran yang digunakan. Nilai stabilitas dengan gradasi menerus diperoleh dari sifat saling mengunci agregatnya, sedangkan untuk campuran yang menggunakan gradasi senjang, nilai stabilitas diperoleh dari kekakuan mortar. Kekuatan mortar dapat diperoleh dengan menggunakan aspal yang relatif keras dan mempunyai daya ikat yang baik serta kadar bahan pengisi yang tinggi. Stabilitas yang terlalu tinggi akan

menyebabkan perkerasan menjadi kaku, sehingga dengan adanya repetisi beban lalu lintas akan memudahkan terjadinya keretakan pada perkerasan jalan.

### 3.3.2. *Fleksibilitas*

*Fleksibilitas* adalah kemampuan suatu campuran untuk menahan defleksi dan lentur tanpa menyebabkan terjadinya retak. Penyebab utama terjadinya defleksi dan lentur adalah perubahan jangka panjang pada daya dukung tanah atau lapis pondasi sehingga menyebabkan terjadinya kelelahan yang bisa menimbulkan retak awal (Initial Cracking) dan retak rangkai (Propagation Cracking) pada perkerasan aspal. Penyebab retak awal dan retak rangkai adalah lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat dan perubahan volume campuran akibat perubahan suhu. *Fleksibilitas* suatu campuran dapat diperoleh dengan cara meningkatkan kadar aspal dalam campuran, menggunakan aspal berpenetrasi tinggi dan menggunakan agregat bergradasi terbuka.

### 3.3.3. *Workabilitas*

*Workabilitas* adalah kemudahan suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga mencapai tingkat kepadatan yang diinginkan. *Workabilitas* dapat dicapai dengan meminimalkan volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran, sehingga memberikan ruang yang cukup untuk aspal agar dapat melekat pada agregat. Campuran aspal dan agregat dengan volume rongga yang kecil akan menjadi lebih mudah untuk dikerjakan dan dipadatkan serta dapat dimampatkan lebih banyak sehingga volumenya menjadi lebih kecil. Butiran agregat yang bersudut (Angular), juga akan mempunyai

bidang kontak yang lebih luas sehingga pada saat dipadatkan tidak mudah bergerak. Permukaan agregat yang kasar dapat memperkuat daya cengkeram antara aspal dan agregat sehingga tidak mudah bergeser saat dipadatkan. Kadar aspal yang cukup untuk menyelimuti agregat juga mempermudah pengerjaan pada saat penghamparan dan pemadatan.

### 3.4. Karakteristik *Marshall*

Pengujian *Marshall* adalah metode laboratorium untuk memeriksa kinerja campuran panas yang paling luas penggunaannya. Penelitian ini mengacu kepada persyaratan uji *Marshall* yang dikeluarkan oleh Bina Marga yang berlaku di Indonesia dengan jenis lalu lintas yang dipergunakan adalah lalu lintas berat. Spesifikasi ini dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini :

Tabel 3.4. Persyaratan Nilai Spesifikasi *Marshall Properties*.

No.	Spesifikasi Jenis Pemeriksaan	Bina Marga 1983		
		Kepadatan Lalu Lintas		
		Berat	Sedang	Ringan
1.	Jumlah tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35
2.	Stabilitas minimal (kg)	750	650	460
3.	Kelelehan (mm)	2-4	2-2,5	2-5
4.	VITM (%)	3-5	3-5	3-5
5.	VFWA (%)	75-82	75-85	75-85

Sumber : *Spesifikasi Teknik, Direktorat Bina Marga, 1983.*

Dari pengujian *Marshall* menghasilkan *Marshall Properties* yang terdiri atas :

### 3.4.1. Stabilitas

Stabilitas adalah beban maksimal yang dapat didukung oleh suatu benda uji pada suhu 140° F dengan kecepatan pembebanan 2 inch/menit. Stabilitas *Marshall* sebenarnya tidak berkaitan langsung dengan stabilitas di lapangan karena stabilitas lapangan dipengaruhi oleh faktor-faktor selain suhu dan kecepatan pembebanan konstan yaitu suhu lingkungan yang tidak tetap, tipe pembebanan, tekanan alat pemadat dan *variabilitas* campuran yang dibuat (Robert, F, L, et. al, 1971).

Nilai stabilitas diperoleh dari persamaan :

$$S = p \times q \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan :

S = Angka stabilitas sesungguhnya,

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat,

q = Angka koreksi benda uji.

### 3.4.2. Flow

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

### 3.4.3. *Density*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan agregat dan aspal. Nilai kepadatan ini menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Nilai *density* semakin besar, maka kerapatan dan kepadatan campuran akan semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar semakin meningkat.

$$g = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :

$g$  = Nilai *density* (gr/cc),

$c$  = Berat kering sebelum direndam (gr),

$d$  = Berat benda uji jenuh air (gr),

$e$  = Berat benda uji dalam air (gr),

$f$  = Volume benda uji (cc).

### 3.4.4. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya meningkat berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana setelah rongga campuran penuh terisi aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal optimum.

Nilai VFWA diperoleh dari persamaan :

$$\text{VFWA} = 100 \times \frac{i}{I} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$i = \frac{bxg}{BjAspal} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$j = \frac{(100 - b)xg}{BjAgregat} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$l = 100 - j \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan :

b = Persentase aspal terhadap campuran,

g = Berat isi sampel (gr/cc).

#### 3.4.5. *Void In Total Mix (VITM)*

VITM adalah persentase rongga udara yang ada terhadap volume campuran. VITM sama artinya dengan porositas. Nilainya akan berkurang bila kadar aspal campuran bertambah, karena rongga antar agregat akan banyak terisi oleh aspal. Porositas aspal dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi, energi pemadatan dan kadar aspal.

Nilai VITM diperoleh dari persamaan :

$$VITM = 100 - \left( 100x \frac{g}{h} \right) \dots\dots\dots(3.8)$$

$$h = \frac{100}{\left( \frac{\% Agregat}{BjAgregat} + \frac{\% Aspal}{BjAspal} \right)} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dengan :

g = Berat isi sampel (gr/cc),

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc).

### 3.4.6. Marshall Quotient (MQ)

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik dikarenakan penambahan kadar aspal dan menjadi turun setelah sampai pada batas optimum. Hal ini disebabkan berubahnya fungsi aspal yaitu sebagai pengikat antar agregat menjadi pelicin.

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dari persamaan :

$$MQ = \frac{S}{R} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dengan :

S = Nilai stabilitas (kg),

R = Nilai *flow* (mm),

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm).

### 3.5. Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal dalam campuran sangat mempengaruhi perilaku dari lapis perkerasan. Kadar aspal yang berlebihan selain akan menimbulkan *bleeding* juga akan menimbulkan *shoving*. Pemakaian kadar aspal yang kurang, juga akan mengakibatkan ikatan antar agregat menjadi sangat lemah.

Campuran dengan kadar aspal yang optimum perlu digunakan agar aspal dapat mengisi seluruh rongga antar agregat pada saat dilakukan pengerjaan dilapangan. Aspal akan mengisi keseluruhan rongga pada saat lapis perkerasan menerima beban lalu lintas dalam keadaan suhunya cukup tinggi sehingga lapis

perkerasan seperti mengalami penggilasan yang kedua kalinya. Aspal akan mengalir kesegala arah diantara rongga batuan dan akan mengisi rongga yang sebelumnya berisi udara pada saat temperatur tinggi sehingga campuran aspal dan agregat menjadi semakin baik.

### 3.6. Deformasi Plastis

Deformasi tetap merupakan perwujudan dua mekanisme yang berbeda yaitu berupa perubahan dari *plastic flow* tanpa perubahan volume. Pada deformasi tetap, pengaruh beban roda kendaraan pada perkerasan tidak dapat dihilangkan meskipun bebannya telah hilang. Dua macam deformasi yang terjadi pada perkerasan lentur adalah :

1. Deformasi konsolidasi, yaitu perulangan beban lalu lintas pada jejak roda terutama apabila kepadatan lapisan perkerasannya kurang, sehingga akan menyebabkan terjadinya pemadatan dan alur roda (Ruts). Pada deformasi ini terjadi perubahan volume lapisan perkerasan atau tanah dasar,
2. Deformasi plastis, yaitu peristiwa penurunan lapis perkerasan secara permanen atau deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan, dimana perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal setelah terjadi pembebanan.

Penyebab terjadinya *Ruting* adalah sebagai berikut :

1. Terlalu banyaknya tekanan pembebanan berulang yang berdampak pada lapisan yang paling bawah (dikarenakan subgrade yang jelek),



2. Terlalu banyaknya tekanan atau pembebanan berulang yang berdampak terhadap kerusakan pada lapis atas. Deformasi ini terjadi karena beban yang bekerja melebihi daya dukung lapisan perkerasan dan terjadi *plastic flow*.

Studi yang dilakukan oleh Puslitbang jalan menunjukkan adanya kaitan yang erat antara terjadinya deformasi plastis dengan tingginya kadar aspal dan penurunan rongga udara dalam campuran (VITM) selama masa pelayanannya. Penurunan ini bermula dari rendahnya rongga udara desain campuran. Deformasi plastis ini juga ditentukan oleh faktor-faktor luar seperti volume lalu lintas, beban gandar, tekanan ban, geometri jalan dan temperatur perkerasan.

### 3.7. Angka *Poisson*

Salah satu metode perancangan lapis perkerasan dengan pendekatan analitis yang berkaitan dengan nilai struktural oleh *Asphalt Institute* adalah perancangan ketebalan yang menerapkan teori lapisan elastis pada perancangan perkerasan dimana untuk memperkirakan tegangan dan regangan kritis yang terjadi adalah dengan mengandalkan hukum-hukum mekanika.

Dalam metode ini, material disetiap lapisan perkerasan ditandai dengan *modulus elastisitas* ( $E$ ) dan *Angka Poisson* ( $\mu$ ). *Angka Poisson* didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan horizontal (*Lateral Strain*) dan regangan vertikal (*Axial Strain*) yang disebabkan oleh beban sejajar sumbu dan regangan aksial (Yoder and Wittczak, 1975). *Angka Poisson* menurut Yoder and Wittczak,

1975 mempunyai batasan yaitu sebesar 0,5. Angka *Poisson* secara umum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\mu = \frac{\epsilon l}{\epsilon a} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dengan :

$\epsilon l$  = Regangan lateral (Horisontal),

$\epsilon a$  = Regangan aksial (Vertikal).

Angka ini didapat dari beban statis dan dinamis dengan cara mengamati deformasi dari kedua arah dalam satuan milimeter.

Menurut *Thomas W. Kennedy (1977)*, persamaan yang digunakan adalah :

$$\mu = \frac{DRx0,0673 + (-0,8954)}{DRx(-0,2494) + (-0,0156)} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dengan :

$\mu$  = Angka *Poisson*,

DR = Deformasi ratio vertikal dan horizontal.

Menurut *ASTM D4123-82 (1987)* angka *Poisson* dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$\mu = 3,59 \frac{H}{V} - 0,27 \dots\dots\dots(3.13)$$

Dengan :

$\mu$  = Nilai *Poisson* total,

H = Regangan horizontal dh (mm),

V = Regangan vertikal dv (mm).

Menurut *Ullidtz (1987)*, Angka *Poisson* diasumsikan sama dengan 0,35. Sedangkan *Asphalt Paving Technology (1995)*, Angka *Poisson* dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$\mu = \frac{-1,9345 - 0,2699x \frac{dv}{dh}}{-0,4309 + \frac{dv}{dh}} \dots\dots\dots(3.14)$$

Dengan :

dv = Regangan vertikal (mm),

dh = Regangan horizontal (mm).

### 3.8. Pengujian *Hveem Stabilometer*

Pengujian *Hveem Stabilometer* dilakukan untuk mengetahui indikasi besaran deformasi plastis yang terjadi pada campuran perkerasan. *Hveem Stabilometer* itu sendiri adalah alat uji triaksial yang digunakan untuk menentukan stabilitas campuran aspal untuk perkerasan, tanah dan bahan-bahan semi plastis atau plastis lainnya. Alat ini dikembangkan oleh *Francis Hveem* ketika masih bekerja pada *California Division of Highways*. Pengujian *Hveem Stabilometer* dikembangkan untuk mengukur kombinasi beban lalu lintas frekuentif, terulang dalam periode waktu yang lama. Hasil pengujian ini juga dipergunakan untuk mengetahui jumlah maksimum aspal pengikat yang dapat digunakan tanpa mengakibatkan ketidakstabilan. *Hveem Stabilometer* juga mengukur tekanan lateral yang diteruskan melalui benda uji dari beban vertikal yang diterapkan. Perbandingan antara unit tekanan desak yang diterapkan dengan tekanan lateral atau horizontal dipergunakan untuk menentukan sebuah indeks pada range skala

0-100 yang menunjukkan kemampuan material atau bahan yang dites untuk menahan deformasi.

Nilai *Hveem Stabilometer* mengidentifikasi besarnya stabilitas campuran. Deformasi yang terjadi pada perkerasan lentur banyak ditentukan oleh stabilitas campuran. Kekuatan perkerasan lentur dalam menahan deformasi yang terjadi sebagai akibat dari beban yang melewati perkerasan ditentukan oleh stabilitas. Nilai *Hveem Stabilometer* dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{22,2}{\frac{PhD}{Pv - Ph} + 0,222} \dots\dots\dots (3.15)$$

Dengan :

S = Nilai *Stabilometer*,

Ph = Tekanan horizontal, untuk disesuaikan dengan Pv, dalam kPa (psi),

Pv = Tekanan vertikal, khususnya pada 400 psi (2800 kPa), yang diaplikasikan ketika beban vertikal sebesar 5000 lbf (22,3 kN),

D = Penurunan benda uji.

### 3.9. Perbedaan Metode *Marshall* dan *Hveem Stabilometer*

Metode *Marshall* adalah suatu percobaan di laboratorium yang menitik beratkan pada analisa stabilitas, kelelahan, kepadatan dan rongga pada suatu campuran. Metode *Marshall* mempunyai keuntungan yaitu didapatnya nilai stabilitas dan nilai kepadatan dari suatu campuran aspal sehingga memberikan

suatu proporsi volumetrik yang baik bagi campuran dan diperoleh campuran yang *durable* (tahan lama). Keuntungan lainnya bahwa alat *Marshall* tidak terlalu mahal dan *portable* (mudah dipindahkan). Namun banyak yang mengidentifikasi bahwa proses pemadatan dilaboratorium tidak memberikan gambaran kepadatan perkerasan yang sebenarnya dan nilai stabilitas yang dihasilkan dari *Marshall Test* tidak dapat mengestimasi *Shear Strength* suatu campuran. Keadaan ini menyebabkan akan sangat sulit memperkirakan ketahanan terhadap *rutting* dari suatu campuran.

*Hveem Stabilometer* juga menitik beratkan pada analisa kepadatan atau rongga dan stabilitas. Dari metode ini juga ditentukan ketahanan campuran terhadap perubahan bentuk (*Swelling*) dengan adanya air. *Hveem Stabilometer* mempunyai dua keuntungan, yaitu dapat menggambarkan proses pemadatan perkerasan yang sebenarnya dan dapat mengukur kemampuan benda uji menahan deformasi lateral dari beban vertical yang diberikan. Kerugian alat ini adalah harganya yang relatif mahal dan kurang *portable*.

## **BAB IV**

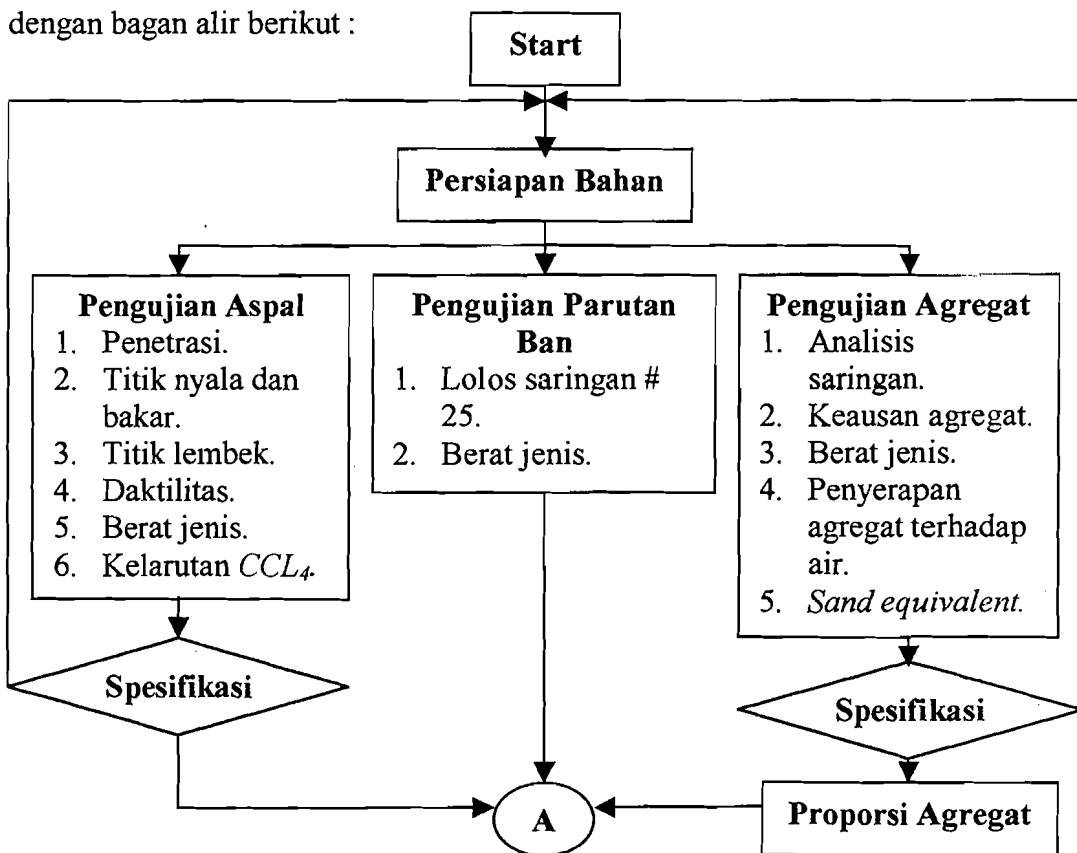
### **HIPOTESIS**

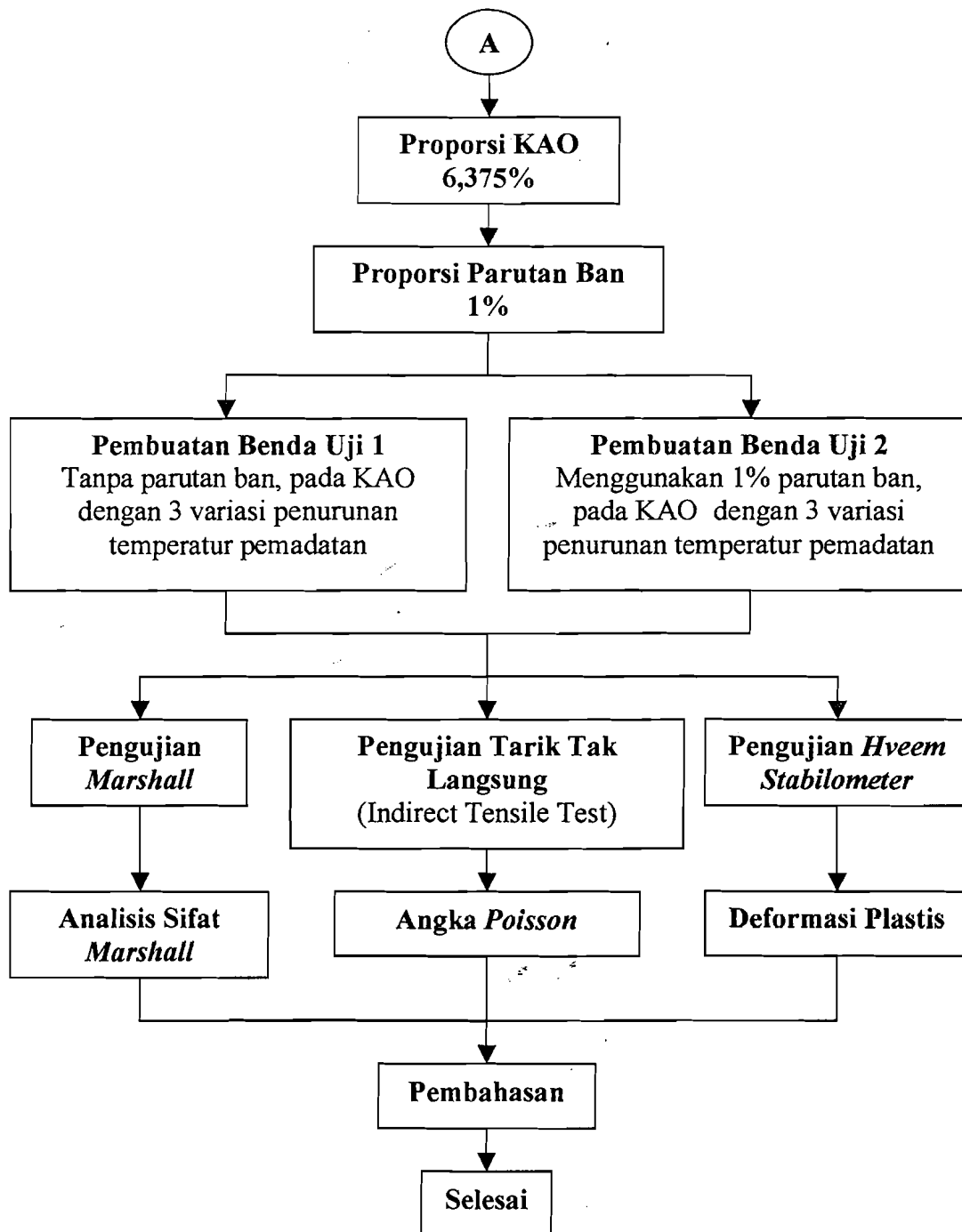
Penggunaan limbah ban karet sebagai bahan tambah pada campuran *Hot Rolled Asphalt* diharapkan dapat mengatasi masalah yang sering terjadi dilapangan berupa penurunan temperatur pemadatan sehingga diperoleh perkerasan lentur yang diisyaratkan oleh Bina Marga.

## BAB V METODE PENELITIAN

### 5.1. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian laboratorium tentang pengaruh penurunan temperatur pemadatan pada *Hot Rolled Asphalt* dengan bahan tambah parutan ban karet terhadap angka *poisson* dan deformasi plastis dengan menggunakan metode *Marshall Test*, Uji Tarik Tak Langsung (Indirect Tensile Test) dan *Hveem Stabilometer*. Metodologi penelitian tersebut sesuai dengan bagan alir berikut :







## **5.2. Cara Memperoleh Data**

Data diperoleh dengan melakukan pengujian menggunakan *Marshall Test*, Uji Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*) dan *Hveem Stabilometer* sehingga didapatkan data-data berupa nilai Stabilitas, *Flow*, *Density*, VFWA, VITM, *Marshall Quotient*, deformasi horizontal, deformasi vertikal dan Nilai *Stabilometer*. Sebelum melakukan *Marshall Test*, terlebih dahulu dilakukan serangkaian pengujian terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji.

### **5.2.1. Lokasi, Bahan dan Alat Penelitian**

#### **5.2.1.1. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian adalah Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil dan Laboratorium Mekanika Bahan PAU Teknik Universitas Gajah Mada.

#### **5.2.1.2. Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aspal AC 60-70 produksi Pertamina,
2. Agregat kasar berupa batu pecah hasil *Stone Crusher* dari Clereng Kulon Progo,
3. Agregat halus dari Clereng Kulon Progo,
4. Filler yang dipergunakan adalah abu batu,
5. Bahan tambah yang digunakan adalah limbah ban karet hasil vulkanisir, berbentuk parutan dengan kadar 1%.

- g. Alat pemeriksaan titik lembek yaitu *termometer*, cincin kuningan, alat pengarah bola baja, dudukan benda uji, penjepit, kompor pemanas dan *beker glass* tahan panas,
- h. Alat pemeriksaan titik nyala dan titik bakar yaitu *termometer*, cawan *cleveland open cup*, plat pemanas, alat pemanas, nyala penguji yang dapat diatur, *stopwatch* dan penahan angin,
- i. Alat pemeriksaan berat jenis aspal yaitu *termometer*, neraca, bak perendam, piknometer, air suling dan *bejana glass*,
- j. Alat pemeriksaan kelarutan dalam  $CCl_4$  yaitu labu *elemeyer*, cawan porselin, tabung penyaring, *oven* pembakar gas, pompa hampa udara, *desikator*, *Karbon Tetraklorida* dan *Ammonium Karbonat*.

## 2. Alat perancangan campuran

Alat perencanaan campuran yaitu formulir dan grafik *mix design*, timbangan, satu set saringan, mesin penggoyang saringan, kuas dan talam.

## 3. Alat uji campuran

Alat uji campuran yaitu cetakan benda uji (*mold*), *ejector*, duduk *mold*, landasan pematik, mesin tekan, *oven*, *waterbath*, panci, sarung asbes dan karet serta *termometer*. Untuk Uji Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*) menggunakan alat *Universal Testing Machine*, sedangkan untuk pengujian deformasi plastis digunakan alat *Hveem Stabilometer*.

## 5.2.2. Pengujian Bahan

### 5.2.2.1. Pengujian Agregat Kasar

Gradasi agregat kasar diambil dari spesifikasi *SNI*. Agregat kasar harus merupakan agregat yang keras, permukaannya kasar, awet, bersih dan memiliki persen ketahanan terhadap pengujian *Los Angeles Abrasion* tidak lebih dari 40% selama 500 putaran. Jenis pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.1. Persyaratan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan / Pengujian	Syarat
1.	Keausan agregat dengan mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40\%$
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95\%$
3.	Penyerapan air	$\leq 3\%$
4.	Nilai <i>sand equivalent</i>	$\geq 50\%$
5.	Berat jenis semu	$\geq 2$

Sumber : DPU, Dirjen Bina Marga, LATASTON, 12/PT/B/1983

### 5.2.2.2. Pengujian Bahan Ikat Aspal

Aspal yang digunakan dalam pekerjaan laboratorium adalah aspal keras dengan nilai penetrasi 60-70. Penggunaan aspal yang mempunyai penetrasi tinggi dibutuhkan untuk lebih dapat menahan deformasi permanen. Jenis pengujian laboratorium yang dikerjakan untuk mengevaluasi aspal adalah pengujian di laboratorium meliputi penetrasi aspal, titik nyala dan titik bakar, titik lembek aspal, berat jenis aspal, kelarutan dalam  $CCl_4$  dan daktilitas. Persyaratan untuk aspal dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini :

Tabel 5.2. Persyaratan Aspal AC 60-70, Spesifikasi Bina Marga 1983

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min.	Maks.	
1.	Penetrasi	PA. 0301-76	60	79	0,1 mm
2.	Titik lembek	PA. 0302-76	48	58	° C
3.	Titik nyala	PA. 0303-76	200	-	° C
4.	Kelarutan $CCL_4$	PA. 0305-76	99	-	% berat
5.	Daktalitas	PA. 0306-76	100	-	Cm
6.	Berat jenis	PA. 0307-76	1	-	-

Sumber : DPU, Dirjen Bina Marga, LASTON, 13/PT/B/1983

### 5.2.3. Perencanaan Campuran

Campuran benda uji dengan berat total 1200 gram, dibuat dua macam campuran yaitu menggunakan bahan tambah berupa parutan ban bekas hasil vulkanisir sebesar 1% dan tanpa parutan ban, dimana keduanya menggunakan variasi kadar aspal 6,375% dari berat benda uji dan dibuat masing-masing 3 benda uji untuk pengujian *Marshall*, 2 benda uji untuk pengujian *Indirect Tensile Test* dan 2 benda uji untuk pengujian *Hveem Stabilometer*. Persentase agregat berdasarkan analisa saringan yang mengacu pada spesifikasi agregat *British Standard Institution 594, 1985* tabel 3.1 dan 3.2. *Filler* yang digunakan adalah abu batu. Jumlah benda uji campuran seperti diperlihatkan pada tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3. Perencanaan Campuran Dengan 3 Variasi Penurunan Temperatur  
Pemadatan

No.	Pembuatan Benda Uji	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji
1.	Tanpa parutan ban pada kadar aspal optimum	<i>Marshall</i>	3 x 3
		<i>Indirect Tensile Test</i>	3 x 2
		<i>Hveem Stabilometer</i>	3 x 2
2.	Menggunakan 1% parutan ban pada kadar aspal optimum	<i>Marshall</i>	3 x 3
		<i>Indirect Tensile Test</i>	3 x 2
		<i>Hveem Stabilometer</i>	3 x 2
Total			42

#### 5.2.3.1. Perencanaan Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah

Agregat yang telah siap kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur 170° C, kemudian dipindahkan ke dalam oven dengan temperatur 170° C agar diperoleh temperatur yang merata dan konstan. Agregat dicampur dengan aspal sesuai dengan persentase yang telah ditentukan yaitu 6,375% pada temperatur 160° C. Agar temperatur pencampuran tetap, maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga merata. Cetakan benda uji sebelumnya dibersihkan dan diolesi *Vaseline*, kemudian dimasukkan kedalam oven dengan temperatur 90° C sampai dengan 149,5° C. Selanjutnya campuran panas tersebut dimasukkan kedalam cetakan benda uji dan setiap sepertiga bagian campuran panas tersebut dimasukkan kedalam cetakan, maka benda uji ditusuk-tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak  $\pm$  15 kali di tepi dan 10 kali dibagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Kemudian dilakukan pemadatan sesuai dengan penurunan temperatur pemadatan yang didapat dari uji viskositas aspal. 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 proses pemadatan selesai, benda uji kemudian didinginkan dengan bantuan kipas angin. Hal ini dimaksudkan agar proses pendinginan dapat berjalan dengan lebih cepat, kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut ejektor.

#### **5.2.3.2. Perencanaan Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet**

Aspal dipanaskan pada temperatur 155° C, kemudian ditimbang sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan yaitu sebesar 6,375%. Parutan ban karet hasil vulkanisir yang lolos saringan # 25 dicampurkan kedalam aspal yang besarnya sesuai dengan persentase kadar yaitu sebesar 1%. Selanjutnya aspal dan parutan ban karet dipanaskan hingga tercampur merata dan dimasukkan kedalam oven agar tercapai temperatur yang konstan. Agregat dipanaskan sampai temperatur 170° C dan dimasukkan kedalam oven agar diperoleh temperatur yang konstan. Selanjutnya agregat dengan aspal yang telah dicampur dengan parutan ban dicampurkan pada temperatur 160° C dan diaduk merata. Campuran dimasukkan kedalam benda uji dan setiap sepertiga bagian campuran panas tersebut dimasukkan kedalam cetakan, maka benda uji ditusuk-tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak  $\pm$  15 kali di tepi dan 10 kali dibagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Kemudian dilakukan pemadatan sesuai dengan penurunan temperatur pemadatan yang didapat dari uji viskositas aspal. 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 proses pemadatan selesai, benda uji kemudian didinginkan dengan bantuan kipas angin. Hal ini dimaksudkan agar proses pendinginan dapat berjalan dengan lebih cepat, kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut ejektor.

#### **5.2.4. Pengujian Campuran**

Pengujian untuk keseluruhan benda uji menggunakan *Marshall Test*, Uji Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*) dan *Hveem Stabilometer*. Pengujian campuran dilakukan pada variasi penurunan temperatur pemadatan.

##### **5.2.4.1. Marshall Test**

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall* sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel,
2. Masing-masing benda uji diberikan kode,
3. Benda uji diukur dengan ketelitian 0,01 mm,
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya,
5. Benda uji direndam dalam air selama 18–20 jam agar benda uji menjadi jenuh,
6. Benda uji ditimbang di dalam air untuk mendapatkan isi,
7. Benda uji ditimbang dalam keadaan jenuh,
8. Benda uji direndam dalam bak perendam (*Water Bath*) selama 30 menit dengan suhu tetap  $(60 \pm 1)^\circ \text{C}$ . Batang penuntun (*Guide Rod*) dan

permukaan dalam dari kepala penekan (Test Head) yang atas dapat meluncur bebas. Bila dikehendaki, kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara  $21^{\circ}\text{C}$  -  $38^{\circ}\text{C}$ , kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan diletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan. Segmen atas dipasang diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya didalam mesin uji. Kemudian arloji kelelahan (Flow Meter) dipasang pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun dan kedudukan jam penunjuk diatur pada arah nol, sementara itu selubung tangkai arloji (Sleve) dipegang secara kuat, kemudian selubung tangkai arloji kelelahan ditekan pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung,

9. Sebelum dilakukan pembebanan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Kedudukan jarum penguji diatur pada angka nol. Benda uji diberikan pembebanan dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum yang tercapai, kemudian selubung tangkai arloji kelelahan (sleeve) dilepaskan pada saat pembebanan tercapai maksimum dan catat nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh arloji kelelahan.



#### 5.2.4.2. Uji Tarik Tak Langsung (Indirect Tensile Test)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur regangan horizontal dan vertikal campuran *Hot Rolled Asphalt* pada kadar aspal optimum. Prinsip kerja pengujian tarik tak langsung adalah memberikan beban pada benda uji berbentuk silinder dengan beban kompresi tunggal atau berulang yang beraksi paralel dengan dan sepanjang diameter vertikalnya (ASTM D4123). Konfigurasi pembebanan ini mengakibatkan tegangan tarik pada arah tegak lurus arah pembebanan yang pada akhirnya menyebabkan keruntuhan (Failure) pada benda uji ditandai dengan retaknya benda uji sepanjang diameter vertikalnya. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan benda uji sama seperti pada pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum,
2. Menyiapkan mesin uji tarik tak langsung termasuk perangkat lunaknya (komputer), juga harus dalam kondisi yang baik,
3. Benda uji dikeluarkan dari oven, kemudian diletakkan pada segmen penekan bawah, selanjutnya segmen atas dipasang dan dipasangkan pada mesin uji,
4. Kepala penekan dan benda uji dinaikkan sampai segmen atas menyentuh alas cincin penekan,
5. Dengan menggunakan komputer, diatur posisi koordinat regangan vertikal dan pembebanannya,
6. Arloji regangan horizontal dan arloji pembebanan diatur pada posisi nol,

7. Dilakukan pembebanan dan dimulai pada kecepatan 5 mm/menit sampai pada pembebanan maksimum (dimana secara otomatis pembebanan akan berhenti), kemudian secara bersamaan pembacaan arloji regangan horisontal dilakukan,
8. Benda uji dikeluarkan dari segmen penekan,
9. Hitung Angka *Poisson* dengan menggunakan persamaan (3.13).

#### 5.2.4.3. Pengujian *Hveem Stabilometer*

Pengujian *Hveem Stabilometer* dilakukan untuk mengetahui indikasi besaran deformasi plastis yang terjadi pada campuran perkerasan. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Jumlah udara dalam sel diatur dengan menggunakan benda uji metal standar yang telah dipanaskan,
2. Dengan *Stabilometer* dan *Stage Base* pada posisi di silinder, mesin penguji diatur sehingga bebannya akan diaplikasikan pada tingkat 1,3 mm (0,05 inch) per menit,
3. Benda uji padat dipindahkan dari cetakan ke *Stabilometer* dengan menggunakan alat yang sesuai. Pastikan bahwa benda uji masuk ke *Stabilometer* dengan lurus, dengan *Stamped End* di atas dan diletakkan dengan tepat pada dasarnya,
4. *Follower* diletakkan diatas benda uji dan ditetapkan tekanan horizontal sampai tepat 5 psi (34 kPa) terekam dalam alat ukur *Stabilometer*. Jika alat uji memiliki *Upperhead* dengan dudukan berbentuk bola, *Looking*

*Shims* yang digunakan selama pembuatan benda uji harus dibuka terlebih dahulu untuk melakukan pengujian *Stabilometer*,

5. Mulai gerakan vertikal penekanan dengan kecepatan 1,3 mm (0,05 inch) per menit dan catat pembacaan alat ukur *Stabilometer* ketika beban vertikal sebesar 13,4; 22,3; dan 26,7 kN (3000, 5000 dan 6000 lbf),
6. Gerakan vertikal penekanan dihentikan ketika beban total mencapai 26,7 kN (6000lbf). Kemudian cepat-cepat kurangi beban vertikal sampai  $4,445 \pm 0,45$  kN ( $1000 \pm 100$  lbf). Dengan pompa penurunan, tekanan horizontal diatur pada 5 psi (34 kPa). Perlu diketahui bahwa pengaturan pada tekanan horizontal akan menghasilkan pengurangan lebih lanjut pada beban vertikal sampai kurang dari 1000 lbf (4,45 kPa). Pengurangan ini normal dan tidak perlu ada kompensasi yang dilakukan,
7. *Handle* pompa *stabilometer* diputar mendekati dua gerakan per detik dan ukur jumlah perubahan dari handle pompa (menggunakan perubahan penurunan indikator pada *Stabilometer*) untuk menaikkan tekanan horizontal dari 5 ke 1000 psi (34,5 ke 690 kPa),
8. Kemudian jumlah perubahannya dicatat dan ini adalah pembacaan penurunan D. Dalam pengukuran penurunan, beban vertikal akan meningkat melebihi 1000 lbf (4,45 kN). Seperti sebelumnya, perubahan ini bersifat khusus dan tidak ada kompensasi yang perlu dilakukan,
9. Hitung nilai *Stabilometer* S dengan persamaan (3.15).



### 5.3. Analisis

Data yang diperoleh dari percobaan di laboratorium adalah :

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

Untuk mendapatkan nilai-nilai stabilitas, *flow*, *density*, *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void In Total Mix* (VITM) dan *Marshall Quotient* (MQ), diperlukan persamaan-persamaan sebagai berikut :

#### 1. Berat jenis aspal

$$B_j \text{ Aspal} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots(5.1)$$

#### 2. Berat jenis agregat

$$B_j \text{ Agregat} = \frac{(X \times F1) + (Y \times F2) + (Z \times F3)}{100} \dots\dots\dots(5.2)$$

Dengan :

X = Persentase agregat kasar,

Y = Persentase agregat halus,

Z = Persentase *filler*,

F1 = Berat jenis agregat kasar,

F2 = Berat jenis agregat halus,

F3 = Berat jenis *filler*.

Kemudian nilai-nilai stabilitas, *flow*, *density*, *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void In Total Mix* (VITM) dan *Marshall Quotient* (MQ) dapat dihitung berdasarkan data-data tersebut.

### 3. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat *Marshall Test* yang kemudian dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kg dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dari persamaan (3.1).

### 4. Flow

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai *flow* langsung terbaca pada arloji *flow* saat *Marshall Test*, namun masih dalam satuan *inch* sehingga harus dikonversi dalam milimeter.

### 5. Density

Nilai ini menunjukkan kepadatan campuran. Nilai *density* dihitung dengan persamaan (3.2) dan (3.3).

### 6. Void Filled With Asphalt (VFWA)

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang terisi aspal. Nilai VFWA dihitung dengan persamaan (3.4), (3.5), (3.6) dan (3.7).

### 7. Void In The Mix (VITM)

VITM adalah persentase rongga didalam campuran. Nilainya dihitung dengan persamaan (3.8) dan (3.9).

### 8. *Marshall Quotient (MQ)*,

Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Nilainya dihitung dengan persamaan (3.10).

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Hasil Penelitian

##### 6.1.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian terhadap material komponen penyusun campuran beraspal dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat material yang akan digunakan pada campuran *Hot Rolled Asphalt*. Material-material yang akan diuji adalah termasuk aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi.

Jenis pengujian laboratorium yang dikerjakan untuk mengevaluasi material dan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 6.1 sampai tabel 6.3 berikut ini :

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40 \%$	16,88 %
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95,5 \%$	97,5 %
3.	Penyerapan agregat	$\leq 3 \%$	2,431 %
4.	Berat jenis agregat	$\geq 2,5$	2,530

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Tabel 6.2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50 \%$	67,5 %
2.	Penyerapan agregat	$\leq 3 \%$	1,616 %
3.	Berat Jenis	$\geq 2,5$	3,145

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Tabel 6.3. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60–70

No.	Sifat-sifat Teknis	Satuan	Nilai	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1.	Penetrasi (25° C, 5 det, 100 gr)	0,1 mm	64,2	60	70
2.	Titik Lembek (Ring and Ball)	° C	57,5	48	58
3.	Daktalitas (25° C, 5 cm/mnt)	cm	154,5	100	-
4.	Titik Nyala (COC)	° C	335	200	-
5.	Berat Jenis (25° C)	-	1,036	1	-
6.	Kelarutan dalam $CCl_4$	% berat	99,75	99,5	-

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Dari hasil pengujian material yang digunakan didapat bahwa material yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal penetrasi 60–70 memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 sehingga dapat digunakan.



## 6.1.2. Hasil Pengujian Campuran Aspal

### 6.1.2.1. Pengujian Marshall

Tabel 6.4. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah

Temperatur Pematatan	Sampel	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	Density (gr/cc)	MQ (kg/mm)
139° C	1.	1541.68	4.10	3.666	79.313	2.284	376.019
	2.	1912.27	2.80	3.362	80.748	2.291	682.955
	3.	1314.56	4.90	2.599	84.538	2.309	268.278
	Rata-Rata	<b>1589.51</b>	<b>3.93</b>	<b>3.209</b>	<b>81.533</b>	<b>2.295</b>	<b>442.417</b>
134° C	1.	1274.85	2.50	4.431	75.883	2.266	509.940
	2.	996.16	3.90	3.863	78.408	2.279	255.426
	3.	1621.88	2.10	2.952	82.748	2.301	772.322
	Rata-Rata	<b>1297.63</b>	<b>2.83</b>	<b>3.749</b>	<b>79.013</b>	<b>2.282</b>	<b>512.563</b>
129° C	1.	1095.86	1.75	3.899	78.244	2.279	626.207
	2.	1125.09	1.30	5.783	70.386	2.234	865.450
	3.	982.31	3.10	1.752	89.111	2.329	316.875
	Rata-Rata	<b>1067.75</b>	<b>2.05</b>	<b>3.811</b>	<b>79.247</b>	<b>2.281</b>	<b>602.844</b>

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Tabel 6.5. Hasil Pengujian *Marshall* Campuran HRA Dengan Bahan Tambah

## Parutan Ban Karet

Temperatur Pematatan	Sampel	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VITM (%)	VFWA (%)	Density (gr/cc)	MQ (kg/mm)
139° C	1.	1591.39	3.50	4.500	75.030	2.276	454.683
	2.	1506.73	4.30	3.351	80.326	2.303	350.401
	3.	1456.05	4.10	3.790	78.232	2.293	355.135
	Rata-Rata	<b>1518.06</b>	<b>3.97</b>	<b>3.880</b>	<b>77.863</b>	<b>2.290</b>	<b>386.740</b>
134° C	1.	1464.19	2.05	4.418	75.387	2.278	714.238
	2.	1390.10	3.00	3.780	78.278	2.293	463.368
	3.	1566.68	1.90	5.798	69.698	2.245	824.569
	Rata-Rata	<b>1473.66</b>	<b>2.32</b>	<b>4.666</b>	<b>74.454</b>	<b>2.272</b>	<b>667.392</b>
129° C	1.	1170.32	1.40	2.827	82.953	2.316	835.945
	2.	1141.88	1.85	7.787	62.639	2.197	617.233
	3.	1468.81	1.35	4.544	74.836	2.275	1088.008
	Rata-Rata	<b>1260.34</b>	<b>1.53</b>	<b>5.053</b>	<b>73.476</b>	<b>2.263</b>	<b>847.062</b>

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

### 6.1.2.2. Pengujian Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*)

Tabel 6.6. Hasil Pengujian Tarik Tak Langsung Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah

Temperatur Pematatan	Sampel	Load	Rerata	<i>Dial Gauge</i> (mm)				Angka <i>Poisson</i>	Rerata
				dh ki	dh ka	dh	Dv		
139° C	1.	2540.696	<b>3225.513</b>	0.38	0.61	0.495	3.302	0.268	<b>0.277</b>
	2.	3910.330		0.60	0.40	0.500	3.228	0.286	
134° C	1.	3604.835	<b>3121.136</b>	0.65	0.20	0.425	3.299	0.192	<b>0.233</b>
	2.	2637.436		0.40	0.48	0.440	2.906	0.274	
129° C	1.	3724.487	<b>3259.881</b>	0.60	0.44	0.520	3.568	0.253	<b>0.283</b>
	2.	2795.275		0.65	0.30	0.475	2.926	0.313	

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PAU Teknik UGM.

Tabel 6.7. Hasil Pengujian Tarik Tak Langsung Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet

Temperatur Pematatan	Sampel	Load	Rerata	<i>Dial Gauge</i> (mm)				Angka <i>Poisson</i>	Rerata
				dh ki	dh ka	dh	Dv		
139° C	1.	3284.066	<b>3570.467</b>	0.70	0.45	0.575	3.342	0.348	<b>0.297</b>
	2.	3856.868		0.68	0.30	0.490	3.409	0.246	
134° C	1.	4266.740	<b>5432.711</b>	0.80	0.19	0.495	3.148	0.295	<b>0.209</b>
	2.	6598.681		0.60	0.34	0.470	4.286	0.124	
129° C	1.	4437.308	<b>3714.304</b>	0.35	0.37	0.360	3.407	0.112	<b>0.339</b>
	2.	2991.300		0.15	1.27	0.710	3.049	0.566	

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PAU Teknik UGM.

### 6.1.2.3. Pengujian *Hveem Stabilometer*

Tabel 6.8. Hasil Pengujian *Hveem Stabilometer* Campuran HRA Tanpa Bahan

Tambah

Suhu	Sampel	Pv	Ph	D	Angka koreksi	D Terkoreksi	Nilai <i>Stabilometer</i>	Rata-rata
139° C	1.	400	100	440	0.001	0.440	60.545	<b>61.394</b>
	2.	400	100	410	0.001	0.410	62.243	
134° C	1.	400	100	430	0.001	0.430	61.101	<b>60.283</b>
	2.	400	100	460	0.001	0.460	59.464	
129° C	1.	400	100	400	0.001	0.400	62.830	<b>62.537</b>
	2.	400	100	410	0.001	0.410	62.243	

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Transportasi UGM.

Tabel 6.9. Hasil Pengujian *Hveem Stabilometer* Campuran HRA Dengan Bahan

Tambah Parutan Ban Karet

Suhu	Sampel	Pv	Ph	D	Angka Koreksi	D Terkoreksi	Nilai <i>Stabilometer</i>	Rata-rata
139° C	1.	400	100	435	0.001	0.435	60.822	<b>61.547</b>
	2.	400	100	445	0.001	0.445	60.271	
134° C	1.	400	100	465	0.001	0.465	59.200	<b>60.011</b>
	2.	400	100	435	0.001	0.435	60.822	
129° C	1.	400	100	410	0.001	0.410	62.243	<b>61.672</b>
	2.	400	100	430	0.001	0.430	61.101	

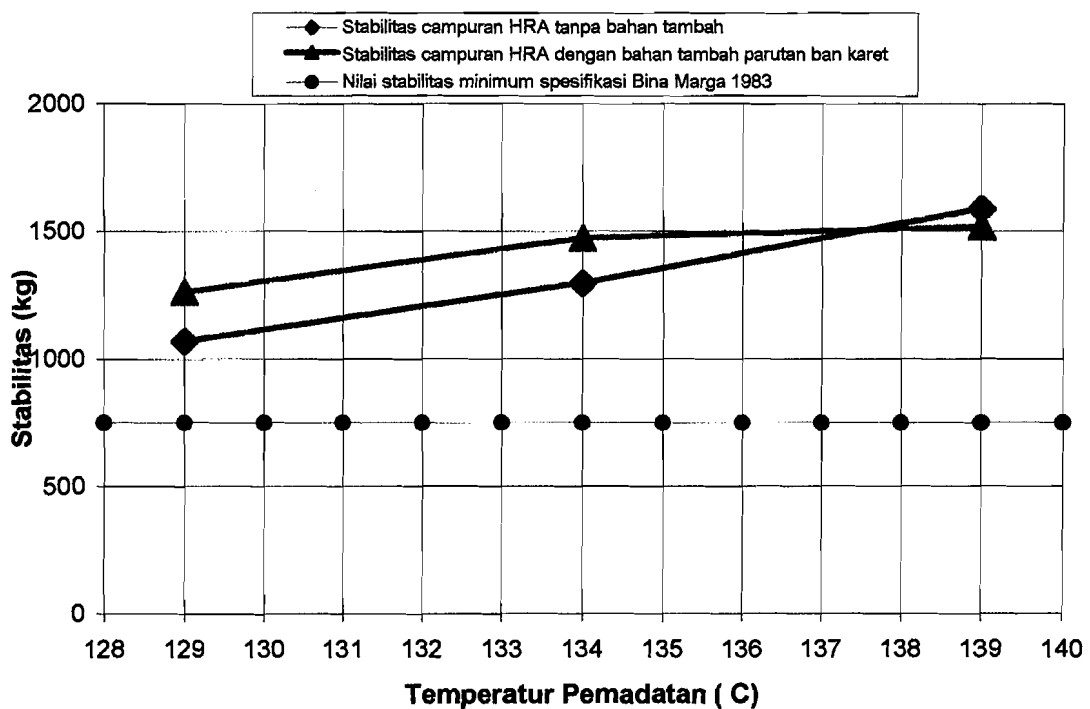
Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Transportasi UGM.

## 6.2. Pembahasan

### 6.2.1. Marshall Properties

#### 6.2.1.1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau *pounds*. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.1 berikut ini :



Gambar 6.1. Grafik Hubungan antara Stabilitas dengan Temperatur Pematatan.

Dari gambar 6.1, terlihat bahwa nilai stabilitas campuran HRA tanpa bahan tambah semakin meningkat seiring dengan naiknya temperatur pemadatan. Naiknya temperatur pemadatan membuat viskositas aspal menjadi rendah. Semakin rendah viskositas aspal, memungkinkan aspal untuk menyelimuti dan mengikat agregat serta mengisi rongga-rongga yang kosong dan menyebabkan meningkatnya kepadatan serta stabilitas.

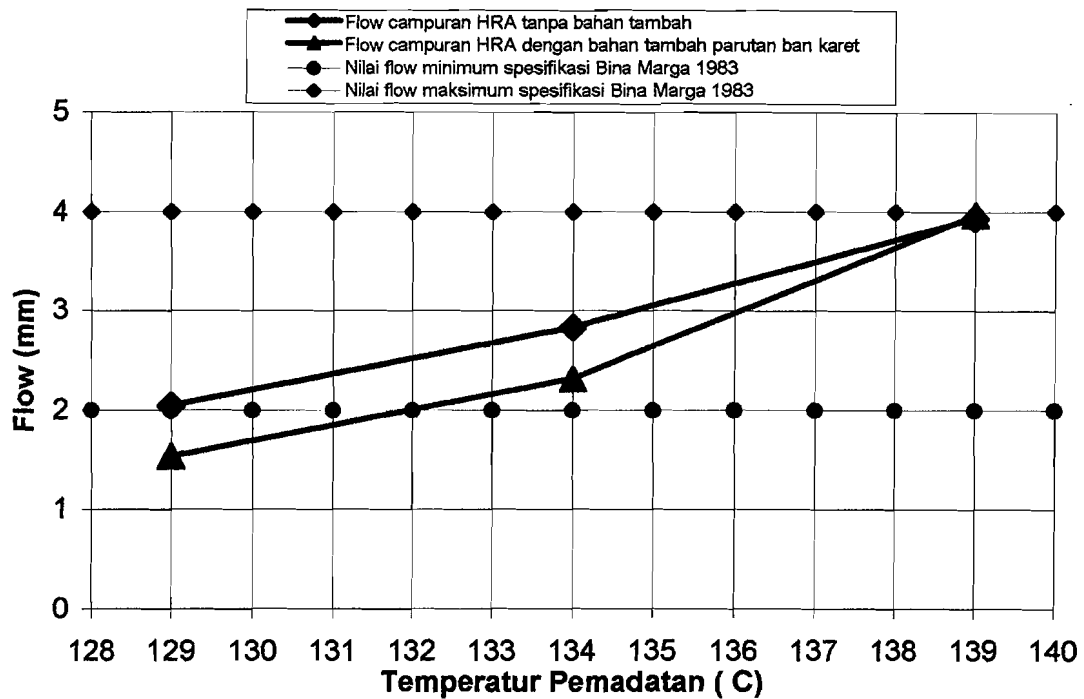
Pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet, perubahan viskositas menjadi lebih lambat akibat pengaruh penambahan parutan ban karet pada aspal dalam menaikkan titik leleh aspal sehingga aspal karet kurang peka terhadap temperatur (M. Agus Hana Sikpri. S dan Emmie Fatkhunnajah, 2002). Pada temperatur 134° C, karena temperatur pemadatan rendah menyebabkan viskositas aspal karet meningkat sehingga aspal sulit untuk menyelimuti dan mengikat agregat. Pada temperatur 139° C dimana temperatur pemadatan cenderung tinggi, menyebabkan jumlah kadar aspal karet yang menyelimuti agregat menjadi berlebihan sehingga agregat menjadi licin dan gesekan antar agregat menjadi kecil dan mengakibatkan nilai stabilitas menurun. Pada temperatur pemadatan 129° C dan 134° C, nilai stabilitas campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih tinggi dibandingkan dengan stabilitas campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai stabilitas yang meningkat pada temperatur pemadatan 129° C dan 134° C disebabkan karena aspal yang diberi parutan ban karet atau yang disebut aspal karet menjadi lebih keras dari aspal biasa, sehingga stabilitasnya menjadi lebih tinggi. Pada temperatur pemadatan 139° C stabilitas campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih

rendah dibandingkan dengan stabilitas campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai stabilitas yang menurun pada temperatur pemadatan 139° C disebabkan karena sifat dari karet itu sendiri yang cenderung lebih mudah meleleh jika temperatur dinaikkan secara berlebihan dan kembali mengeras jika temperatur diturunkan, sehingga menyebabkan aspal karet semakin mudah mengisi rongga-rongga butiran dan mengakibatkan penurunan nilai stabilitas dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah.

Nilai stabilitas kedua campuran secara umum memenuhi semua persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu mempunyai nilai stabilitas diatas 750 kg.

#### **6.2.1.2. Flow**

Kelelehan plastis (*Flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). *Flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis konstruksi perkerasan. Campuran yang memiliki *flow* rendah dan stabilitas tinggi menunjukkan campuran tersebut bersifat kaku dan mudah retak (*Cracking*) jika menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk (deformasi) akibat beban lalu lintas. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.2 berikut ini :



Gambar 6.2. Grafik Hubungan antara *Flow* dengan Temperatur Pemadatan.

Berdasarkan gambar 6.2, nilai *flow* campuran HRA tanpa bahan tambah mengalami peningkatan seiring dengan penambahan temperatur pemadatan. Nilai *Flow* yang meningkat disebabkan karena temperatur pemadatan yang tinggi membuat viskositas aspal menjadi turun sehingga aspal semakin mudah mengisi rongga-rongga butiran dan menyebabkan naiknya nilai *flow*. Fungsi aspal seiring dengan meningkatnya temperatur pemadatan berubah menjadi pelicin sehingga ketika perkerasan menerima beban lalu lintas maka kemungkinan terjadinya deformasi sangat besar.

Nilai *flow* pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet, pada temperatur pemadatan 129° C dan 134° C ternyata lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai *Flow* yang rendah dikarenakan viskositas aspal yang menggunakan parutan ban karet cenderung lebih tinggi sehingga kemampuan aspal karet untuk menyelimuti



agregat dan mengisi rongga antar agregat menjadi berkurang. Penurunan nilai *flow* menyebabkan campuran cenderung menjadi lebih kaku. Pada temperatur pemadatan 139° C, nilai *flow* campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih tinggi dibandingkan dengan nilai campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai *Flow* yang meningkat ini disebabkan karena viskositas aspal yang diberi parutan ban karet menjadi lebih rendah dibandingkan aspal biasa sehingga aspal karet semakin mudah mengisi rongga-rongga butiran.

Campuran HRA tanpa bahan tambah memenuhi persyaratan nilai *flow* spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu sebesar 2 mm – 4 mm pada temperatur pemadatan 129° C sampai dengan 139° C sedangkan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet hanya pada temperatur pemadatan 134° C dan 139° C yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat.

#### **6.2.1.3. Void In Total Mix (VITM)**

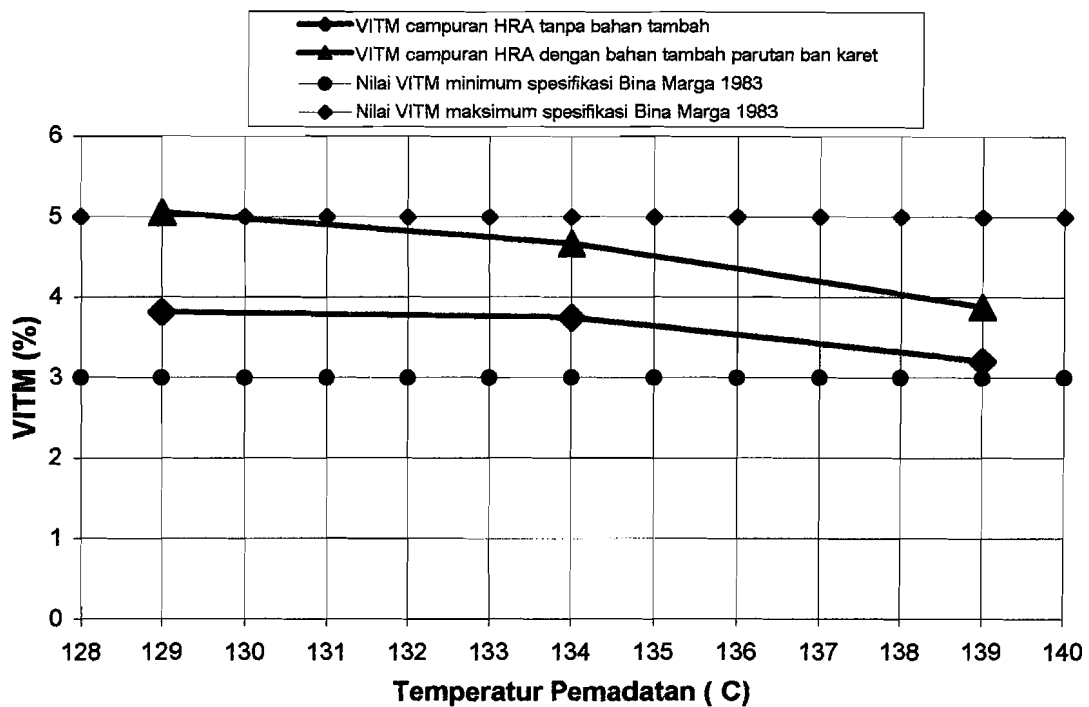
VITM adalah persentase rongga yang ada pada suatu campuran yang dipengaruhi oleh gradasi agregat, temperatur pemadatan, energi pemadatan, kadar dan jenis aspal. Nilai VITM juga berpengaruh terhadap kekedapan campuran yaitu kekedapan terhadap udara dan air.

Dari persyaratan Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat, nilai VITM yang diijinkan berkisar antara 3% sampai dengan 5%. Lapis perkerasan yang mempunyai nilai VITM yang kecil atau kurang dari 3% mengindikasikan bahwa campuran tersebut semakin padat dan rapat dengan nilai kekakuan yang tinggi.

Semakin tinggi temperatur perkerasan menyebabkan aspal menjadi lebih mudah mencair dan pada saat perkerasan menerima beban lalu lintas, maka aspal yang mencair akan mengalir diantara rongga agregat. Jika dalam campuran tidak tersedia rongga yang cukup maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan sehingga terjadi *bleeding*. Campuran dengan nilai VITM yang rendah menyebabkan campuran semakin padat dan rapat dengan nilai kekakuan yang tinggi. Keadaan ini menyebabkan terjadinya retak-retak pada lapis perkerasan, karena campuran tidak cukup lentur untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

Nilai VITM yang besar atau lebih dari 5% menunjukkan bahwa rongga yang terjadi dalam campuran terlalu besar dan dapat menyebabkan aspal mudah teroksidasi yang berakibat melemahnya ikatan aspal terhadap agregat, sehingga dapat mengurangi sifat keawetan campuran terhadap pengaruh air dan udara.

Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang berfungsi untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan ke-*elastis*-an bahan penyusunnya. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VITM seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.3 berikut ini :



Gambar 6.3. Grafik Hubungan antara VITM dengan Temperatur Pematatan.

Berdasarkan gambar 6.3, terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pematatan maka nilai VITM semakin turun. VITM yang turun, disebabkan karena rongga udara yang terbentuk sudah berkurang karena pada saat dilakukan pematatan pada temperatur yang tinggi, aspal akan semakin mudah mengisi celah-celah antara butiran agregat sehingga didapat kondisi yang rapat dan kompak.

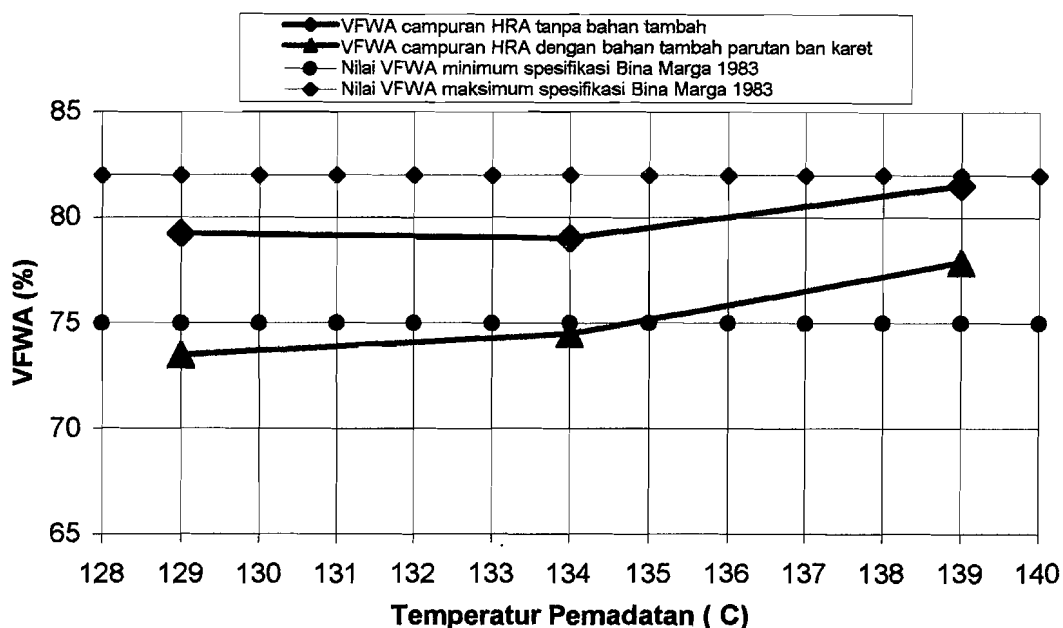
Nilai VITM campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih besar dari campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai VITM yang besar ini disebabkan karena pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet cenderung mempunyai kekentalan yang tinggi sehingga menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran dan menaikkan nilai VITM.

Campuran HRA tanpa bahan tambah memenuhi persyaratan nilai VITM spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu sebesar 3% – 5% pada temperatur pemadatan 129° C sampai dengan 139° C, sedangkan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet hanya pada temperatur pemadatan 134° C dan 139° C yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat.

#### **6.2.1.4. Void Filled With Asphalt (VFWA)**

Nilai VFWA memperlihatkan banyaknya persen dari rongga yang terisi oleh aspal. Nilai VFWA yang besar menunjukkan banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi tinggi. Nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan terjadinya *bleeding*, karena rongga udara yang tersisa terlalu kecil sehingga ketika perkerasan menerima beban terutama pada saat temperatur tinggi dan viskositas menurun sebagian aspal akan mengisi rongga yang kosong dan jika rongga telah penuh, maka aspal akan naik ke permukaan perkerasan.

Nilai VFWA yang terlalu rendah menyebabkan kedapannya terhadap udara dan air menjadi berkurang karena banyaknya rongga yang kosong. Nilai VFWA yang rendah akan memudahkan masuknya air dan udara yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga daya ikat dan keawetan campuran tersebut menjadi berkurang. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VFWA seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.4 berikut ini :



Gambar 6.4. Grafik Hubungan antara VFWA dengan Temperatur Pematatan.

Pada gambar 6.4, terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pematatan maka nilai VFWA semakin tinggi. Pada temperatur pematatan yang tinggi kondisi aspal akan mudah mengisi rongga-rongga dalam campuran, sebaliknya pada temperatur pematatan yang rendah aspal sulit untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran karena pada temperatur rendah viskositas aspal menjadi tinggi.

Nilai VFWA campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih rendah dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai VFWA yang rendah terjadi karena parutan ban karet menaikkan viskositas aspal pada campuran, sehingga rongga-rongga dalam campuran dengan menggunakan parutan ban karet cenderung kurang terisi oleh aspal karet dan menyebabkan menurunnya nilai VFWA.

Campuran HRA tanpa bahan tambah memenuhi persyaratan nilai VFWA spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu sebesar 75% – 82% pada temperatur pematatan 129° C sampai dengan 139° C, sedangkan campuran HRA

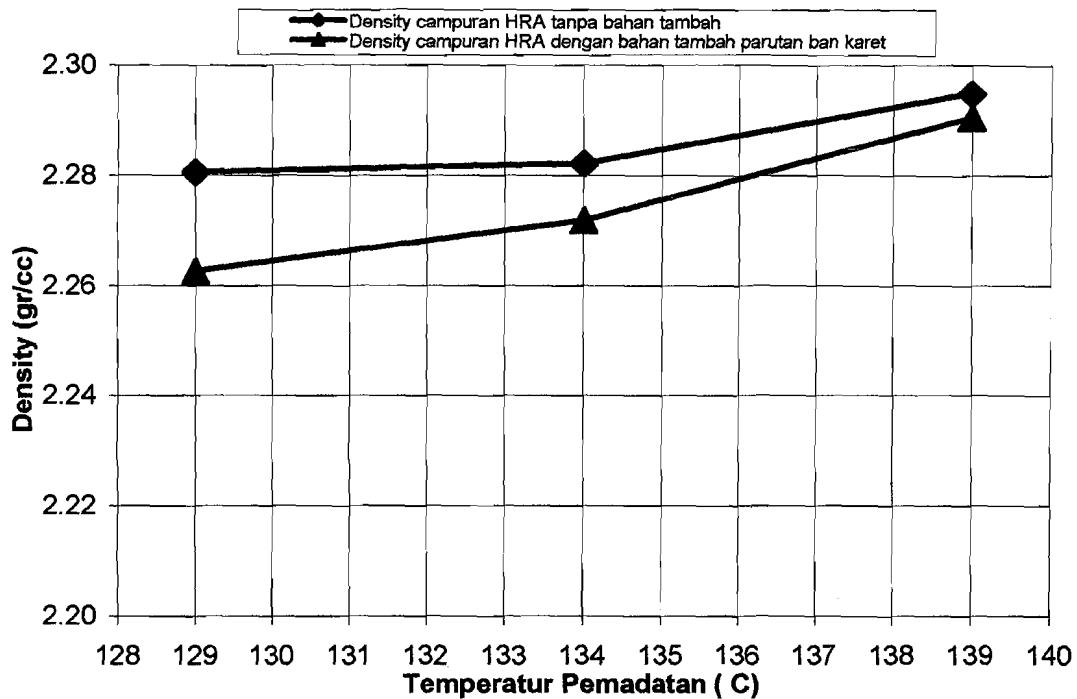
dengan bahan tambah parutan ban karet hanya pada temperatur pemadatan 139° C yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat.

#### **6.2.1.5. Density**

Nilai kepadatan campuran (Density) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *density* yang rendah. Nilai *density* dipengaruhi oleh kualitas bahan penyusunnya dan pelaksanaan pemadatan, baik temperatur pemadatan maupun jumlah tumbukkannya.

Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai bahan yang memiliki porositas rendah, peningkatan pemakaian kadar aspal yang cukup serta campuran dengan rongga antar agregat yang rendah. Nilai *density* juga akan meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada temperatur pemadatan yang tepat. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *density* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.5.

Dari gambar 6.5, terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pemadatan maka nilai *density* suatu campuran akan semakin meningkat. Nilai *density* yang meningkat dikarenakan naiknya temperatur pemadatan sehingga menyebabkan aspal dalam campuran lebih mudah untuk menyusup atau mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran cenderung lebih padat yang berarti nilai *density* semakin meningkat.

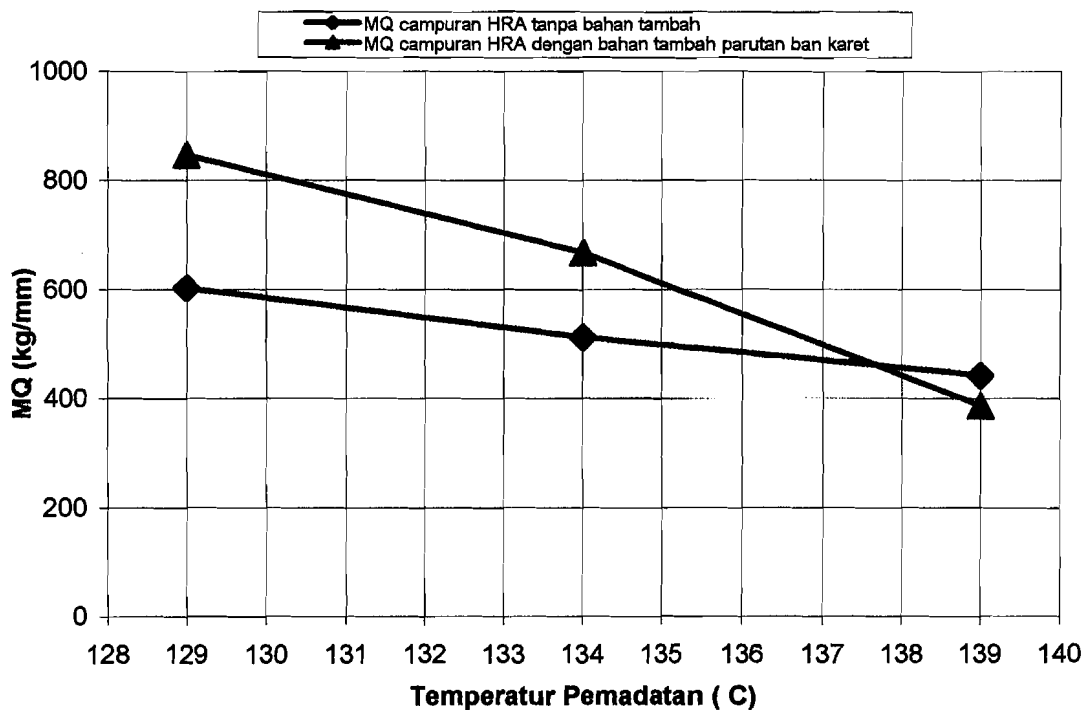


Gambar 6.5. Grafik Hubungan antara Density dengan Temperatur Pematatan.

Nilai *density* campuran HRA tanpa bahan tambah lebih besar jika dibandingkan dengan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Nilai *density* yang besar dikarenakan aspal yang ditambah dengan parutan ban karet mempunyai viskositas yang lebih tinggi dan cenderung lebih sulit untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran. Viskositas aspal yang ditambah dengan parutan ban karet mengalami perubahan yang lebih lambat atau cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal biasa. Nilai *density* yang besar ini disebabkan rendahnya kemampuan aspal dalam mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi kurang padat dan rapat yang berarti *density* menjadi lebih rendah.

### 6.2.1.6. Marshall Qoutient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* biasa dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai ini merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow* (kelelehan). Stabilitas yang tinggi disertai dengan *flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan *flow* yang tinggi menunjukkan campuran lebih bersifat plastis dan apabila menerima beban lalu lintas maka perkerasan akan mengalami deformasi. Dari hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.6 berikut ini :



Gambar 6.6. Grafik Hubungan antara MQ dengan Temperatur Pematatan.

Dari gambar 6.6, terlihat bahwa variasi temperatur pematatan akan memberikan pengaruh terhadap lapis perkerasan. Dengan naiknya temperatur pematatan, akan memberikan nilai *Marshall Quotient* yang semakin besar. Tetapi



dengan penambahan temperatur pemadatan tidak berarti memberikan nilai yang baik pada karakteristik perkerasan, karena nilai *Marshall Qoutient* yang terlalu tinggi akan menyebabkan perkerasan menjadi kaku atau getas. Begitu pula sebaliknya apabila nilai *Marshall Qoutient* terlalu rendah, maka perkerasan akan menjadi lebih elastis sehingga kemungkinan terjadinya deformasi sangat besar.

Nilai *Marshall Qoutient* campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet, pada temperatur pemadatan 129° C dan 134° C lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai *Marshall Qoutient* yang tinggi disebabkan aspal yang ditambah dengan parutan ban karet lebih keras dibandingkan dengan aspal biasa dan cenderung lebih kaku. Nilai *Marshall Qoutient* campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet pada temperatur pemadatan 139° C lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai *Marshall Qoutient* yang rendah ini disebabkan sifat dari karet itu sendiri yang cenderung lebih mudah meleleh jika temperatur dinaikkan secara berlebihan sehingga menjadi lebih plastis dibandingkan dengan campuran aspal biasa.

#### **6.2.1.7. Evaluasi Hasil Laboratorium Terhadap Spesifikasi *Marshall***

Dari hasil penelitian penurunan temperatur pemadatan pada campuran HRA tanpa bahan tambah dan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet, kemudian disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 terhadap persyaratan untuk campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) yang meliputi nilai stabilitas, *flow*, VITM dan VFWA menunjukkan bahwa pengaruh penurunan temperatur pemadatan pada campuran HRA menyebabkan terjadinya perubahan

nilai pada karakteristik *Marshall*. Hal ini dapat dilihat pada tabel 6.10 dan 6.11 sebagai berikut :

Tabel 6.10. Hasil Pengujian Penurunan Temperatur Pematatan Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah Terhadap Spesifikasi Bina Marga 1983 Untuk Lalu Lintas Berat

Persyaratan Bina Marga 1983	Variasi Temperatur Pematatan		
	129° C	134° C	139° C
Stabilitas ( $\geq 750$ kg)			
Flow (2 – 4 mm)			
VITM (3 - 5%)			
VFWA (75 - 82%)			

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Dari tabel 6.10 diatas, terlihat bahwa campuran HRA tanpa bahan tambah ternyata masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat ketika dilakukan penurunan temperatur pematatannya hingga temperatur 129° C.

Tabel 6.11. Hasil Pengujian Penurunan Temperatur Pematatan Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan Ban Karet Terhadap Spesifikasi Bina Marga 1983 Untuk Lalu Lintas Berat

Persyaratan Bina Marga 1983	Variasi Temperatur Pematatan		
	129° C	134° C	139° C
Stabilitas ( $\geq 750$ kg)			
Flow (2 – 4 mm)			
VITM (3 - 5%)			
VFWA (75 - 82%)			

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII – Yogyakarta.

Dari tabel 6.11, terlihat bahwa campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat ketika dilakukan pemadatan pada temperatur 139° C dan mengalami penurunan terhadap karakteristik *Marshall* ketika dilakukan penurunan temperatur pemadatan pada temperatur 134° C dan 129° C, sehingga tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat.

## 6.2.2. Pengujian Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*)

### 6.2.2.1. Angka *Poisson*

Dengan menggunakan kadar aspal optimum dan kadar parutan ban karet yang diperoleh dari pengujian *Marshall*, dengan menggunakan alat uji UTM (*Universal Testing Machine*) untuk menentukan besarnya Angka *Poisson* dengan formula *ASTM D 4123 – 82, 1987* didapatkan hasil sesuai dengan tabel 6.12 dan 6.13 berikut ini :

Tabel 6.12. Angka *Poisson* Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah

Temperatur Pemadatan	Angka <i>Poisson</i>	Load
139° C	<b>0.277</b>	<b>3225.513</b>
134° C	<b>0.233</b>	<b>3121.136</b>
129° C	<b>0.283</b>	<b>3259.881</b>

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PAU Teknik UGM.

Tabel 6.13. Angka *Poisson* Aspal Campuran HRA Dengan Bahan Tambah

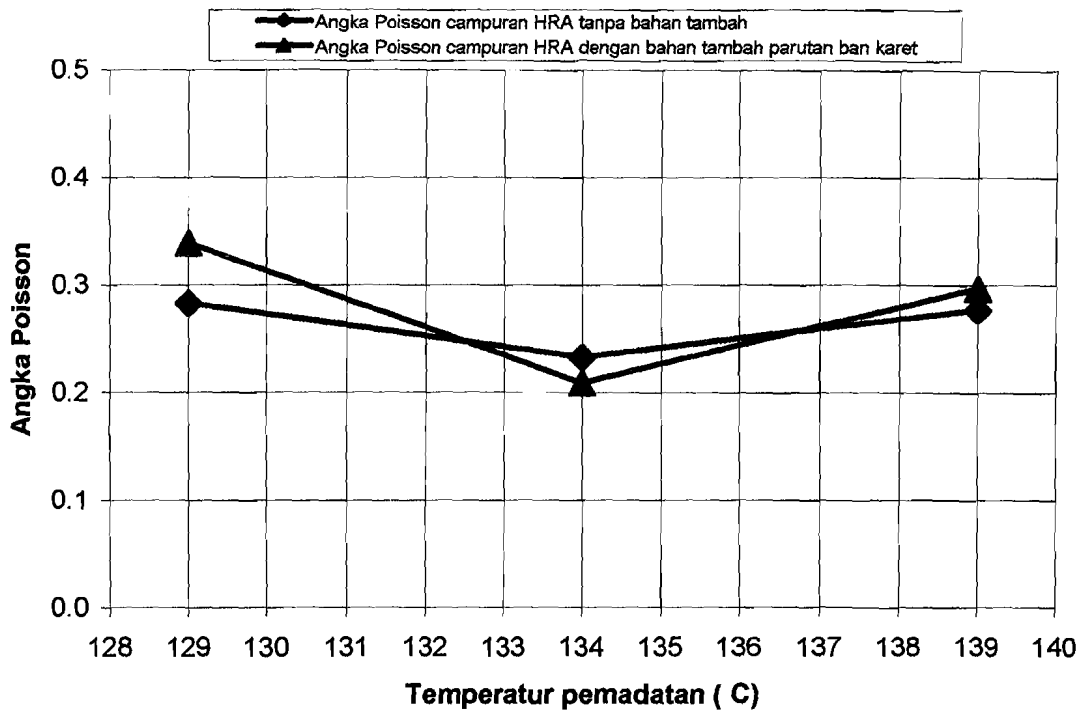
## Parutan Ban Karet

Temperatur Pematatan	Angka <i>Poisson</i>	Load
139° C	0.297	3570.467
134° C	0.209	5432.711
129° C	0.339	3714.304

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium PAU Teknik UGM.

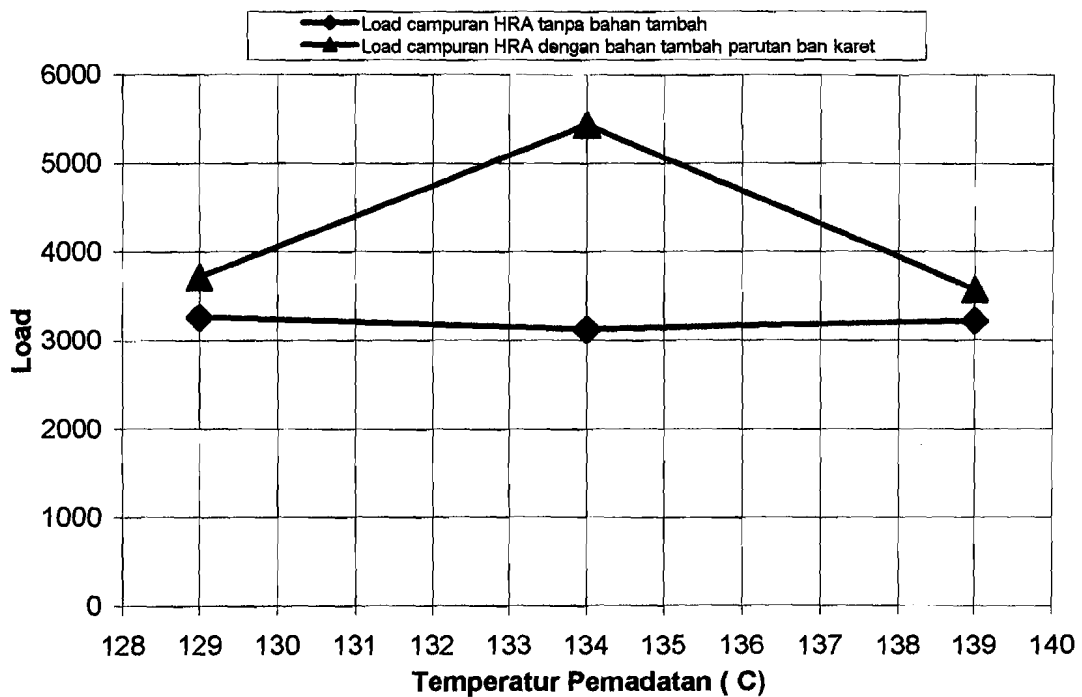
Dengan memperhatikan tabel 6.12 sampai dengan tabel 6.13, terlihat bahwa Angka *Poisson* terendah pada kedua jenis campuran HRA adalah pada temperatur pematatan 134° C yaitu sebesar 0,233 untuk campuran HRA tanpa bahan tambah dan 0,209 untuk campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Campuran yang menghasilkan Angka *Poisson* terendah mengindikasikan kecilnya perbandingan antara regangan *lateral* dan regangan *aksial* campuran karena beban sejajar dengan sumbu sehingga campuran tersebut mempunyai stabilitas tinggi. Dari tabel yang sama, walaupun kedua jenis campuran memiliki Angka *Poisson* terendah pada temperatur pematatan 134° C, namun angka *Poisson* campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet sedikit lebih rendah dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur pematatan 134° C stabilitas campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih tinggi daripada campuran HRA tanpa bahan tambah.

Untuk lebih jelasnya grafik hubungan antara Angka *Poisson* formula *ASTM D4123-82 (1987)* dengan penurunan temperatur pematatan dapat dilihat pada gambar 6.7 berikut ini :



Gambar 6.7. Grafik Hubungan Angka *Poisson* dengan Temperatur Pemadatan.

Sedangkan pengaruh penurunan temperatur pemadatan terhadap *Load* yang mampu diterima campuran dapat dilihat pada gambar 6.8 berikut ini :



Gambar 6.8. Grafik Hubungan antara *Load* dengan Temperatur Pemadatan.

Dari gambar 6.8, terlihat bahwa campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet memiliki *Load* yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. *Load* yang lebih besar, menunjukkan bahwa kemampuan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet untuk menerima beban lalu lintas lebih besar jika dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Kemampuan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet untuk menerima beban lalu lintas tertinggi terjadi pada temperatur pemadatan 134° C, sedangkan untuk campuran HRA tanpa bahan tambah terjadi pada temperatur pemadatan 129° C.

### 6.2.3. Pengujian *Hveem Stabilometer*

#### 6.2.3.1. Deformasi Plastis

Dengan menggunakan kadar aspal optimum 6,375% dan penambahan parutan ban karet sebesar 1% dan dengan menggunakan alat uji *Hveem Stabilometer* untuk mencari nilai S (*Stabilometer*) yang mengindikasikan ketahanan terhadap deformasi plastis, didapatkan hasil sesuai dengan tabel 6.14 dan 6.15 berikut ini :

Tabel 6.14. Nilai *Stabilometer* Campuran HRA Tanpa Bahan Tambah

Temperatur Pemadatan	Nilai <i>Stabilometer</i>
139° C	61.394
134° C	60.283
129° C	62.537

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Transportasi UGM.

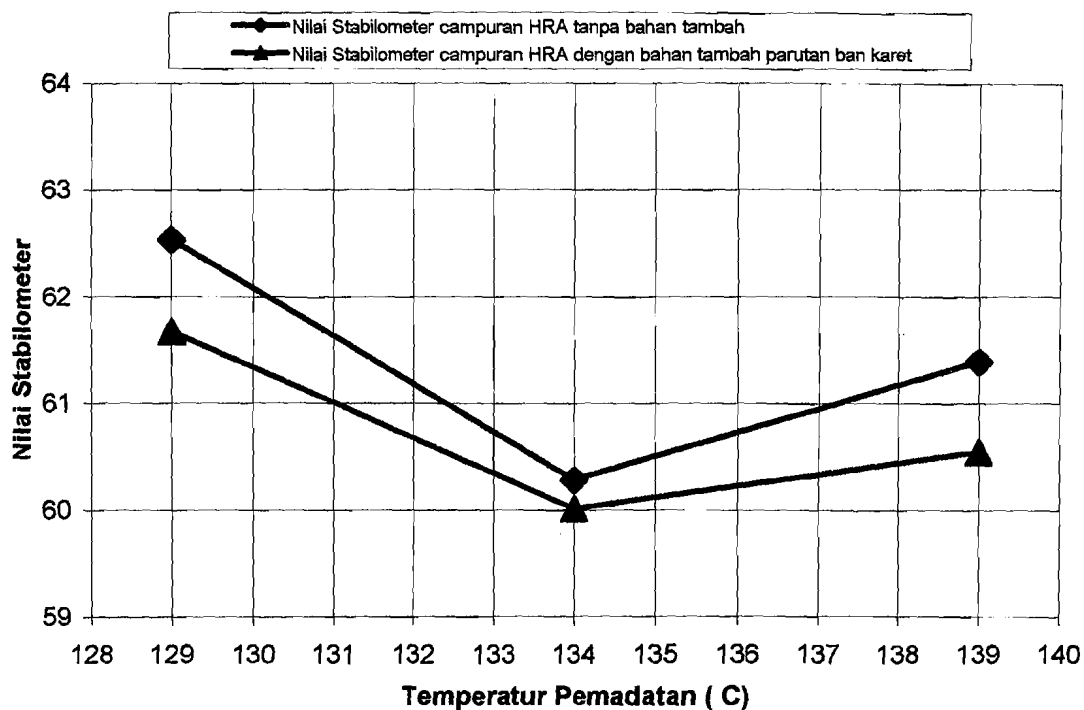
Tabel 6.15. Nilai *Stabilometer* Campuran HRA Dengan Bahan Tambah Parutan

## Ban Karet

Temperatur Pemadatan	Nilai <i>Stabilometer</i>
139° C	<b>60.547</b>
134° C	<b>60.011</b>
129° C	<b>61.672</b>

Sumber : Hasil penelitian di Laboratorium Transportasi UGM.

Dengan memperhatikan tabel 6.14 dan tabel 6.15, terlihat bahwa nilai *Stabilometer* terbesar pada kedua jenis campuran adalah pada temperatur pemadatan 129° C yaitu sebesar 62,537 untuk campuran HRA tanpa bahan tambah dan 61,672 untuk campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Campuran yang menghasilkan nilai *Stabilometer* terbesar mengindikasikan semakin kecilnya deformasi plastis yang terjadi. Dari tabel yang sama walaupun kedua jenis campuran memiliki nilai *Stabilometer* terbesar pada temperatur pemadatan 129° C, namun nilai *Stabilometer* campuran HRA tanpa bahan tambah sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Nilai *Stabilometer* yang tinggi pada temperatur pemadatan 134° C, menunjukkan bahwa ketahanan terhadap deformasi plastis campuran HRA tanpa bahan tambah lebih tinggi daripada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan nilai *Stabilometer* dengan penurunan temperatur pemadatan dapat dilihat pada gambar 6.9 berikut ini :



Gambar 6.9. Grafik Hubungan Nilai *Stabilometer* dengan Temperatur Pematatan.

#### 6.2.4. Rekapitulasi Hasil Pengujian

Secara keseluruhan, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6.16 berikut ini :

Tabel 6.16. Hasil Pengujian *Marshall*, *Indirect Tensile Test* dan Hveem *Stabilometer* pada Campuran HRA

Properties	Temperatur Pematatan					
	129° C		134° C		139° C	
	Biasa	Parutan	Biasa	Parutan	Biasa	Parutan
Stabilitas	1067.750	1260.340	1297.630	1473.660	1589.510	1518.06
<i>Flow</i>	2.050	1.530	2.830	2.320	3.930	3.970
VITM	3.811	5.053	3.749	4.666	3.209	3.880
VFWA	79.247	43.476	79.013	74.454	81.533	77.863
<i>Density</i>	2.281	2.263	2.282	2.272	2.295	2.290
MQ	602.844	847.062	512.563	667.392	442.417	386.740



Sambungan Tabel 6.16

Properties	Temperatur Pemasatan					
	129° C		134° C		139° C	
	Biasa	Parutan	Biasa	Parutan	Biasa	Parutan
<i>Angka Poisson</i>	0.283	0.339	0.233	0.209	0.277	0.287
<i>Load</i>	3259.881	3714.304	3121.136	5432.711	3225.513	3570.467
<i>Nilai Stabilometer</i>	62.537	61.672	60.283	60.011	61.394	60.547

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan serta batasan masalah yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas campuran semakin rendah seiring dengan turunnya temperatur pemadatan baik pada campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Nilai stabilitas campuran HRA tanpa bahan tambah mencapai nilai optimum pada temperatur pemadatan 139° C yaitu sebesar 1589,51 kg dan nilai stabilitas pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet mencapai optimum pada temperatur pemadatan 139° C sebesar 1518,06 kg. Nilai stabilitas kedua campuran secara umum memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat, yaitu diatas 750 kg.
2. Nilai kelelahan (Flow) semakin rendah seiring dengan turunnya temperatur pemadatan baik pada campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Nilai *flow* pada campuran HRA tanpa bahan tambah mencapai nilai optimum pada temperatur

- pemadatan  $139^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar 3,93 mm dan nilai *flow* pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet mencapai optimum pada temperatur pemadatan  $139^{\circ}\text{C}$  sebesar 3,97 mm. Nilai *flow* pada campuran HRA tanpa bahan tambah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu sebesar 2 mm – 4 mm pada temperatur pemadatan  $129^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$ , sedangkan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat hanya pada temperatur pemadatan  $131,97^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$ ,
3. Nilai VITM semakin tinggi seiring dengan turunnya temperatur pemadatan baik pada campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Pada temperatur pemadatan  $129^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$  nilai VITM campuran HRA tanpa bahan tambah semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat yaitu sebesar 3% - 5%, sedangkan nilai VITM pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 hanya pada temperatur pemadatan  $130^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$ ,
  4. Nilai VFWA akan semakin rendah seiring dengan turunnya temperatur pemadatan baik pada campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet. Nilai VFWA campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet lebih rendah jika dibandingkan

dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Nilai VFWA campuran HRA tanpa bahan tambah pada temperatur pemadatan  $129^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$ , semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat. Hal ini berbeda dengan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet, dimana temperatur pemadatan yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat hanya pada temperatur pemadatan  $134,8^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $139^{\circ}\text{C}$ ,

5. Campuran HRA tanpa bahan tambah secara keseluruhan memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat ketika dilakukan penurunan temperatur pemadatan dari  $139^{\circ}\text{C}$  hingga  $129^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1983 untuk lalu lintas berat hanya pada temperatur pemadatan  $139^{\circ}\text{C}$  dan menunjukkan bahwa penambahan parutan ban karet pada campuran tidak dapat menaikkan sifat-sifat *Marshall* apabila temperatur pemadatan diturunkan, sehingga tidak dapat dijadikan sebagai parameter dalam perencanaan penurunan temperatur pemadatan,
6. Kedua campuran, baik campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet pada penurunan temperatur pemadatan menghasilkan Angka *Poisson* terendah pada temperatur pemadatan  $134^{\circ}\text{C}$ . Angka *Poisson* terendah menunjukkan kecilnya nilai perbandingan antara regangan *lateral* (Lateral Strain) dan

regangan *aksial* (Axial Strain) campuran karena beban sejajar sumbu, sehingga campuran tersebut mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Angka *Poisson* terkecil untuk campuran HRA tanpa bahan tambah sebesar 0,233 dan untuk campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet sebesar 0,209 terjadi pada temperatur pemadatan  $134^{\circ}\text{C}$ ,

7. Campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet memiliki *Load* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. *Load* yang besar menunjukkan bahwa kemampuan campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet untuk menerima beban lalu lintas lebih besar jika dibandingkan dengan campuran HRA tanpa bahan tambah. Kemampuan terbesar campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet untuk menerima beban lalu lintas terjadi pada temperatur pemadatan  $134^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk campuran HRA tanpa bahan tambah terjadi pada temperatur pemadatan  $129^{\circ}\text{C}$ ,
8. Campuran HRA tanpa bahan tambah maupun campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet pada penurunan temperatur pemadatan yang menghasilkan nilai *Stabilometer* terbesar menunjukkan ketahanan terhadap deformasi plastis. Semakin besar nilai *Stabilometer* menunjukkan semakin kecilnya deformasi plastis yang terjadi. Nilai *Stabilometer* terbesar untuk campuran HRA tanpa bahan tambah sebesar 62,537 dan untuk campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet sebesar 61,672 terjadi pada temperatur pemadatan  $129^{\circ}\text{C}$ .

## 7.2. Saran

1. Diperlukan lebih banyak jumlah benda uji untuk masing-masing variasi terhadap penurunan temperatur pemadatannya, agar diperoleh hasil yang akurat,
2. Perlu dilakukan uji viskositas aspal untuk menentukan temperatur pencampuran dan pemadatan campuran beraspal pada saat penghamparan
3. Menurut *Thomas W. Kennedy (1977)*, pembebanan dan kecepatan pada pengujian Tarik Tak Langsung sama dengan yang dilakukan pada pengujian *Marshall* sehingga mesin kompresi *Marshall* dapat digunakan pada pengujian ini dengan terlebih dahulu memodifikasinya.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada campuran HRA dengan bahan tambah parutan ban karet terhadap *permeabilitas*, dan tahanan geseknya (Skid Resistance).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1996, **PANDUAN PRAKTIKUM JALAN RAYA IV**, Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Jogjakarta.
2. Asphalt Institute, 1983, **ASPHALT TECHNOLOGY AND CONSTRUCTION PRACTISES**, Manual Series No 22, USA.
3. Asphalt Institute, 1991, **HOT MIX ASPHALT MATERIAL MIXTURE AND CONSTRUCTION**, USA.
4. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS ASPAL TIPIS BETON (LATASTON)**, No. 12/PT/B/1983, Jakarta.
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, **PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS ASPAL BETON (LATASTON)**, No. 13/PT/B/1983, Jakarta
6. E.J Yoder and M.W Witczak, 1975, **PRINCIPLE OF PAVEMENT DESIGN**, John Wiley and Son Inc, USA.
7. M. Agus Hanna dan Emmie Fatkhunnajah, 1999, **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BAN KARET SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN HRA BERDASARKAN SIFAT – SIFAT MARSHALL**, Tugas Akhir Program S – 1, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Jogjakarta.
8. R.D Kerb and Walker, 1971, **HIGHWAY MATERIAL**, Mc Graw Hill Company, Virginia Polytechnic Institue and State University, USA.

9. Silvia Sukirman, 1992, **PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA**, Penerbit Nova, Bandung.
10. Shell Bitumen, 1990, **THE SHELL BITUMEN HANDBOOK**, Shell Bitumen, UK.
11. T.W Kennedy, 1977, **CHARACTERISTIZATION OF ASPHALT PAVEMENT MATERIAL USING THE INDIRECT TEST**, Proceeding Of The Association Of Asphalt Paving Tecnologist, Vol 46, San Antonio.



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

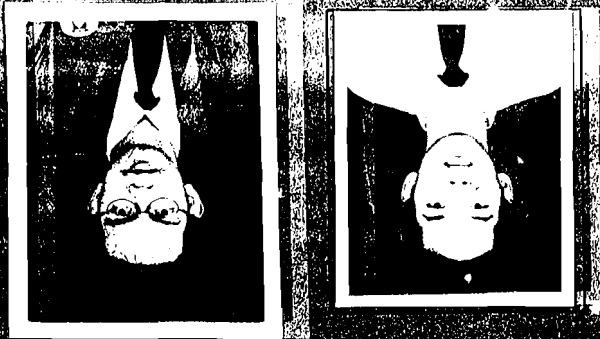
NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1.	Lisnu Liana Eka	9281145	letrak sidi
2.	Anya Asyria	9281109	letrak sidi

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Pengaruh penurunan pendapatan pada HRA dengan tambahan  
 jumlah dan keterlambatan dalam transaksi

**PERIODE I : SEPTEMBER - FEBRUARI  
 TAHUN 2002/2003**

No.	Kegiatan	SEP	OKT	NOV	DES	JAN	FEB
1.	Pendaftaran						
2.	Pembinaan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konfirmasi Peminjaman						
6.	Siapkan Sajian						
7.	Pengambilan						





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax, 895330 Yogyakarta 55581

**SURAT KETERANGAN**

No. : 22/Kalab. JR/22/Lab.JR/II/2003

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Ir. Iskandar S, MT.

Jabatan : Kepala Lab. Jalan Raya FTSP UII

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :

- |            |                   |         |              |
|------------|-------------------|---------|--------------|
| 1. N a m a | : Ariya Asghara   | No. Mhs | : 97 511 209 |
| 2. N a m a | : Djasun Dasa Eka | No. Mhs | : 97 511 345 |

Mahasiswa tersebut diatas telah menyelesaikan penelitian (Pemeriksaan bahan dan uji Marshal) di Lab. Jalan Raya FTSP UII dan telah menyelesaikan biaya administrasinya. Demikianlah surat keterangan ini kami buat, agar dapat digunakan scbagaimana mestinya.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 6 Februari 2003  
Kepala Lab Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.



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

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo  
 Pekerjaan : Tugas Akhir  
 Jenis Agregat : Batu Pecah  
 Diterima Tgl. : 26 Oktober 2002  
 Selesai Tgl. : 26 Oktober 2002

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	max
12.7	1/2	0	0	100	100	-	100
9.52	3/8	84.26	84.26	7.5	92.5	85	100
	1/4	196.61	280.87	25	75	60	90
2.38	# 8	101.12	381.99	34	66	60	75
0.59	# 30	348.28	730.27	65	35	25	45
	# 70	140.44	870.71	77.5	22.5	15	30
0.074	# 200	140.44	1011.15	90	10	8	12
	Pan	112.35	1123.5	100	0		
	Total		1123.5				

Keterangan : Aspal  $1200 \times 6.375\% = 76,5$  gram  
 Agregat  $1200 - 76.5 = 1123.5$  gram

Tanggal : 26 Oktober 2002

Diperiksa Oleh : Ariya Asghara  
 Djasun Dasa Eka

Yogyakarta, 26 Oktober 2002

Ir. Iskandar S, MT

Kepala Lab. Jalan Raya



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

Pengirim contoh	: Ariya Asghara Djasun Dasa Eka	Dikerjakan oleh :	Ariya Asghara Djasun Dasa Eka
Jenis contoh aspal	: AC 60/70	Diperiksa oleh :	Ariya Asghara Djasun Dasa Eka
Untuk Pekerjaan	: Tugas Akhir		
Diterima Tgl.	: 26 Oktober 2002		
Selesai Tgl.	: 26 Oktober 2002		

**PEMERIKSAAN**  
**DAKTILITAS (DUCTILITY) / RESIDUE**

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ} \text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	Pembacaan suhu ruang $\pm 26^{\circ} \text{C}$
Perendaman benda uji	Direndam dalam Waterbath pada suhu $25^{\circ} \text{C}$	60 menit	Pembacaan suhu Waterbath $\pm 25^{\circ} \text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada $25^{\circ} \text{C}$ 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ} \text{C}$

DAKTILITAS pada $25^{\circ} \text{C}$ 5 cm per menit		Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan	I	153.00 cm
Pengamatan	II	156.00 cm
Rata-rata ( I + II)/2		154.50 cm

Yogyakarta, 26 Oktober 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya



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

Contoh dari : Pertamina  
 Jenis contoh : AC 60/70  
 Pekerjaan : Tugas Akhir  
 Diterima Tgl. : 26 Oktober 2002  
 Selesai Tgl. : 26 Oktober 2002

**PEMERIKSAAN**  
**KELARUTAN DALAM CCL4**  
**(SOLUBILITY)**

Pembukaan contoh	<u>DIPANASKAN</u>		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	Jam		
	Selesai	Jam		
<u>PEMERIKSAAN</u>				
1. Penimbangan	Mulai	Jam	10.50 WIB	26° C
2. Pelarutan	Mulai	Jam	11.05 WIB	26° C
3. Penyaringan	Mulai	Jam	11.46 WIB	26° C
	Selesai	Jam	11.49 WIB	26° C
4. Di Oven	Mulai	Jam	11.50 WIB	26° C
5. Penimbangan	Selesai	Jam	11.53 WIB	90° C

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	= 73.95	gram
2. Berat erlenmeyer + aspal	= 75.95	gram
3. Berat aspai (2 - 1)	= 2.0	gram
4. Berat kertas saring bersih	= 0.63	gram
5. Berat kertas saring + endapan	= 0.635	gram
6. Berat endapannya saja (5 - 4)	= 0.005	gram
7. Persentase endapan	= 0.25	%
8. Bitumen yang larut (100% - 7)	= 99.75	%

Yogyakarta, 26 Oktober 2002

*Iskandar S.*

Ir. Iskandar S., MT

Kepala Lab. Jalan Raya



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

**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL**

Contoh dari : Pertamina  
 Jenis contoh : AC 60/70  
 Diperiksa tgl. : 28 Oktober 2002

Diperiksa Oleh :  
 Ariya Asghara  
 Djasun Dasa Eka

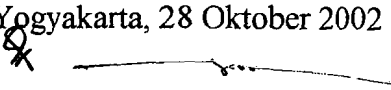
PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	25 °C	11.06 WIB
SELESAI PEMANASAN	110 °C	11.20 WIB
<b>DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG</b>		
MULAI	110 °C	11.25 WIB
SELESAI	25 °C	13.30 WIB
<b>DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C)</b>		
MULAI	25 °C	13.30 WIB
SELESAI	25 °C	14.30 WIB
<b>DIPERIKSA</b>		
MULAI	25 °C	14.35 WIB
SELESAI	25 °C	14.50 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

NO.	CAWAN (I) (0.1 mm)	CAWAN (II) (0.1 mm)	SKET HASIL PENGAMATAN	
1.	63	65	I	II
2.	62	64		
3.	67	66		
4.	64	67		
5.	61	63		

Rata - Rata : 64.2

Yogyakarta, 28 Oktober 2002

  
 Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya





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

**PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL**

Contoh dari : Pertamina Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : AC 60/70 Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 29 Oktober 2002 Djasun Dasa Eka

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	25 °C	11.06 WIB
SELESAI PEMANASAN	110 °C	11.20 WIB
<b>DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG</b>		
MULAI	110 °C	11.25 WIB
SELESAI	25 °C	13.30 WIB
<b>DIPERIKSA</b>		
MULAI	5 °C	14.55 WIB
SELESAI	51.5 °C	15.28 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

NO.	SUHU YG DIAMATI (°C)	WAKTU ( DETIK )		TITIK LEMBEK (°C)	
		I	II	I	II
1.	5	0	0	57	58
2.	10	2'25"	2'25"	57	58
3.	15	5'21"	5'21"	57	58
4.	20	7'30"	7'30"	57	58
5.	25	9'05"	9'05"	57	58
6.	30	10'31"	10'31"	57	58
7.	35	12'47"	12'47"	57	58
8.	40	13'51"	13'51"	57	58
9.	45	14'12"	14'12"	57	58
10.	50	15'26"	15'26"	57	58
11.	55	15'28"	15'26"	57	58

Rata – Rata : 57.5

Yogyakarta, 29 Oktober 2002

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





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

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS ASPAL**

Contoh dari : Pertamina Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : AC 60/70 Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 29 Oktober 2002 Djasun Dasa Eka

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer kosong	17.09 gram
2.	Berat vicnometer + aquadest	39.38 gram
3.	Berat air ( 2 - 1 )	22.29 gram
4.	Berat vicnometer + aspal	19.09 gram
5.	Berat aspal ( 4 - 1 )	2.0 gram
6.	Berat vicnometer + aspal + aquadest	39.45 gram
7.	Berat airnya saja ( 6 - 4 )	20.36 gram
8.	Volume aspal ( 3 - 7 )	1.93 gram
9.	Berat jenis aspal : berat volume ( 5 / 8 )	1.036

Yogyakarta, 29 Oktober 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya







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

**PEMERIKSAAN**  
**KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL**

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo      Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : -      Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 30 Oktober 2002      Djasun Dasa Eka

PEMANASAN SAMPLE	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26 ° C	9.50 WIB
SELESAI PEMANASAN	140 ° C	9.56 WIB
<b>DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG</b>		
MULAI	26 ° C	10.15 WIB
SELESAI	26 ° C	10.40 WIB
<b>DIPERIKSA</b>		
MULAI	26 ° C	10.40 WIB
SELESAI	26 ° C	10.42 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPAL
I	97 %
II	98 %
RATA-RATA	97,5 %

Yogyakarta, 30 Oktober 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya





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

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : Lolos saringan 2,36 mm Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 31 Oktober 2002 Djasun Dasa Eka

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh ( SSD )	500 gram	
Berat vicnometer + air ( B )	627.41 gram	
Berat vicnometer + air + benda uji ( BT )	963 gram	
Berat sample kering oven ( BK )	492 gram	
Berat jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2.992	
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	3.041 gram	
Bj Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	3.145	
Penyerapan = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	1.616 %	

Yogyakarta, 31 Oktober 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya



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

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)**  
**A A S H T O T96 - 77**

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo      Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : -      Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 31 Oktober 2002      Djasun Dasa Eka

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAH	I	II
72.2 mm ( 3" )	63.5 mm ( 2.5" )		
63.5 mm ( 2.5" )	50.8 mm ( 2" )	-	
50.8 mm ( 2" )	37.5 mm ( 1.5 " )	-	
37.5 mm ( 1.5 " )	25.4 mm ( 1" )	-	
25.4 mm ( 1" )	19.0 mm ( 3/4" )	-	
19.0 mm ( 3/4" )	12.5 mm ( 0.5" )	2500 gram	
12.5 mm ( 0.5" )	9.5 mm ( 3/8" )	2500 gram	
9.5 mm ( 3/8" )	6.3 mm ( 1/4" )	-	
6.3 mm ( 1/4" )	4.75 mm ( no. 4 )	-	
4.75 mm ( no. 4 )	2.36 mm ( no. 8 )	-	
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAH DI SIEVE 12 (B)		4156 gram	
KEAUSAN = $\frac{\text{B}}{\text{A}} \times 100 \%$		16.88 %	

Yogyakarta, 31 Oktober 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya



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

**SAND EQUIVALENT DATA**  
**A A S H T O T 1 7 6 - 7 3**

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo      Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : Lolos saringan 2,36 mm      Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 1 November 2002      Djasun Dasa Eka

TRIAL NUMBER		1	2
Seaking ( 10.1 min )	Start	10.41 WIB	10.45 WIB
	Stop	10.51 WIB	10.55 WIB
Sedimentation Time ( 20 min – 15 Sec )	Start	10.57 WIB	10.59 WIB
	Stop	11.17 WIB	11.19 WIB
Clay Reading		5.0	5.0
Sand Reading		3.4	3.35
Sand Reading SE = ----- x 100 Clay Reading		68 %	67 %
Average Sand Equivalent		67.5 %	
Remark :			

Yogyakarta, 1 November 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya





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

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo      Diperiksa Oleh :  
 Jenis contoh : Tertahan saringan 2,36 mm      Ariya Asghara  
 Diperiksa tgl. : 3 November 2002      Djasun Dasa Eka

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh ( SSD ) → ( BJ )	1011 gram	
Berat benda uji di dalam air → ( BA )	597 gram	
Berat sample kering oven ( BK )	987 gram	
Berat jenis ( BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2.387	
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2.442 gram	
Berat jenis semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2.53	
Penyerapan = $\frac{(BJ - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	2.431 %	

Yogyakarta, 3 November 2002

Ir. Iskandar S., MT  
 Kepala Lab. Jalan Raya



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Asal material : Clereng, Kulon Progo DIY.

Jenis Campuran : HRA

Di kerjakan Oleh : Djasun & Ariya

Tanggal : 11 s/d 16 November 2002

Dihitung Oleh : Ariya & Djasun

**HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST CAMPURAN HRA TANPA BAHAN TAMBAH**

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p (kg)	q	r (mm)	QM
139 C1	62.80	6.81	6.375	1174	1183	669	514	2.284	2.371	14.055	82.279	3.666	17.721	79.313	3.666	520	1781	1541.68	4.10	376.019
2	64.73	6.81	6.375	1180	1185	670	515	2.291	2.371	14.099	82.539	3.362	17.461	80.748	3.362	645	2209.1	1912.27	2.80	682.955
3	64.85	6.81	6.375	1187	1189	675	514	2.309	2.371	14.210	83.190	2.599	16.810	84.538	2.599	455	1558.4	1314.56	4.90	268.278
Rata"								<b>2.295</b>				<b>3.209</b>	<b>17.330</b>	<b>81.533</b>	<b>3.209</b>			<b>1589.51</b>	<b>3.93</b>	<b>442.417</b>
134 C1	62.85	6.81	6.375	1176	1185	666	519	2.266	2.371	13.943	81.625	4.431	18.375	75.883	4.431	430	1472.8	1274.85	2.50	509.940
2	64.80	6.81	6.375	1183	1187	668	519	2.279	2.371	14.026	82.111	3.863	17.889	78.408	3.863	336	1150.8	996.16	3.90	255.426
3	64.85	6.81	6.375	1185	1195	680	515	2.301	2.371	14.159	82.889	2.952	17.111	82.748	2.952	555	1900.9	1621.88	2.10	772.322
Rata"								<b>2.282</b>				<b>3.749</b>	<b>17.791</b>	<b>79.013</b>	<b>3.749</b>			<b>1297.63</b>	<b>2.83</b>	<b>512.563</b>
129 C1	62.93	6.81	6.375	1178	1181	664	517	2.279	2.371	14.021	82.081	3.899	17.919	78.244	3.899	375	1284.4	1095.86	1.75	626.207
2	64.85	6.81	6.375	1175	1180	654	526	2.234	2.371	13.746	80.471	5.783	19.529	70.386	5.783	385	1318.6	1125.09	1.30	865.450
3	64.90	6.81	6.375	1195	1199	686	513	2.329	2.371	14.334	83.914	1.752	16.086	89.111	1.752	340	1164.5	982.31	3.10	316.875
Rata"								<b>2.281</b>				<b>3.811</b>	<b>17.845</b>	<b>79.247</b>	<b>3.811</b>			<b>1067.75</b>	<b>2.05</b>	<b>602.844</b>

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal terhadap batuan

b = % Aspal terhadap Campuran

c = Berat kering (sebelum direndam)

d = Berat basah jenuh (SSD)

e = Berat didalam air

f = Volume (isi) d-e

g = Berat isi c/f

h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)}

i = (b 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 (l/i)

n = Rongga yang terisi campuran 100 - {100 x (g/h)}

o = Pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)

QM = Quintion Marshall

Suhu pencampuran = ± 160° C

Suhu pematangan = 129° C, 134° C, 139° C

Suhu waterbath = 60° C

B.J Aspal = 1,036

B.J Agregat = 2,530

Diperiksa Oleh : Ka. Op. Lab. Jalan Raya UII

Tanda tangan \_\_\_\_\_

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

Asal material : Clereng, Kulon Progo DIY.  
 Jenis Campuran : HRA  
 Di kerjakan Oleh : Djasun & Ariya

Tanggal : 11 s/d 16 November 2002  
 Dihitung Oleh : Ariya & Djasun

**HASIL PEMERIKSAAN MARSHALL TEST CAMPURAN HRA DENGAN BAHAN TAMBAH PARUTAN BAN**

Sample	t (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p (kg)	q	r (mm)	QM
139 C1	63.90	6.81	6.375	1172	1177	662	515	2.276	2.383	13.521	81.980	4.500	18.020	75.030	4.500	480	1644	1591.39	3.50	454.683
2	69.78	6.81	6.375	1193	1194	676	518	2.303	2.383	13.683	82.965	3.351	17.035	80.326	3.351	520	1781	1506.73	4.30	350.401
3	66.52	6.81	6.375	1183	1186	670	516	2.293	2.383	13.621	82.589	3.790	17.411	78.232	3.790	475	1626.9	1456.05	4.10	355.135
Rata"								2.290				3.880	17.489	77.863	3.880			1518.06	3.97	386.740
134 C1	64.00	6.81	6.375	1173	1178	663	515	2.278	2.383	13.532	82.050	4.418	17.950	75.387	4.418	475	1626.9	1464.19	2.05	714.238
2	69.51	6.81	6.375	1190	1189	670	519	2.293	2.383	13.623	82.597	3.780	17.403	78.278	3.780	415	1421.4	1390.10	3.00	463.368
3	66.45	6.81	6.375	1183	1185	658	527	2.245	2.383	13.337	80.865	5.798	19.135	69.698	5.798	475	1626.9	1566.68	1.90	824.569
Rata"								2.272				4.666	18.163	74.454	4.666			1473.66	2.32	667.392
129 C1	63.15	6.81	6.375	1174	1182	675	507	2.316	2.383	13.758	83.415	2.827	16.585	82.953	2.827	340	1164.5	1170.32	1.40	835.945
2	67.15	6.81	6.375	1180	1219	682	537	2.197	2.383	13.055	79.158	7.787	20.842	62.639	7.787	378	1294.7	1141.88	1.85	617.233
3	64.26	6.81	6.375	1176	1194	677	517	2.275	2.383	13.514	81.941	4.544	18.059	74.836	4.544	450	1541.3	1468.81	1.35	1088.008
Rata"								2.263				5.053	18.495	73.476	5.053			1260.34	1.53	847.062

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal terhadap batuan

b = % Aspal terhadap Campuran

c = Berat kering (sebelum direndam)

d = Berat basah jenuh (SSD)

e = Berat didalam air

f = Volume (isi) d-e

g = Berat isi c/f

h = B.J Maksimum {100 : (% Agr/Bj Agr + % Asp/Bj. Asp)}

i = (b x g) : Bj Asp

j = (100 - b) x g : Bj Agregat

k = Jumlah kandungan rongga (100-t-j)

l = Rongga terhadap agregat (100 - j)

m = Rongga yang terisi aspal (VFVA) 100 x (l)

n = Rongga yang terisi campuran 100 - {100 x (g/h)}

o = Pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas)

r = Flow (kelelahan plastis)

QM = Quintion Marshall

Suhu pencampuran = 160° C

Suhu pemadatan = 129° C, 134° C, 139° C

Suhu waterbath = 60° C

B.J Aspal = 1,036

B.J Agregat = 2,530

Diperiksa Oleh : Ka. Op. Lab. Jalan Raya UII

Tanda tangan \_\_\_\_\_

Ir. Iskandar S, MT

## STABILOMETER

PEKERJAAN :

HORIZONTAL

: TANPA PAPUTAN BAN

5-100 PSI	KODE BENDA UJI				
	140° / 1	140° / 2		135° / 1	135° / 2
5	-	-		-	-
10	60	80		70	65
15	110	110		110	110
20	160	150		160	160
25	190	170		200	190
30	210	220		220	210
35	230	250		250	240
40	250	265		265	260
45	270	280		290	275
50	280	300		295	290
55	300	320		320	310
60	310	330		360	325
65	320	345		380	340
70	335	360		400	350
75	345	375		410	365
80	360	390		420	375
85	370	400		430	385
90	385	415		445	400
95	400	425		450	410
100	410	440		460	430

VERTIKAL

60	19	14		24	27
100	52	35		49	63
120	78	59		72	83

# STABILOMETER

PEKERJAAN :

= TANPA PARUTAIN DAN

HORISONTAL

5-100 PSI	KODE BENDA UJI			
	130° / 1	130° / 2		
5	-	-		
10	60	59		
15	110	100		
20	150	140		
25	170	175		
30	205	200		
35	220	225		
40	250	240		
45	265	255		
50	280	275		
55	300	290		
60	310	300		
65	325	315		
70	340	325		
75	350	340		
80	360	350		
85	375	360		
90	390	375		
95	400	385		
100	410	400		

VERTIKAL

60	22	25		
100	50	60		
120	86	83		

# STABILOMETER

PEKERJAAN :

HORISONTAL

: PARUTAN BAN

5-100 PSI	KODE BENDA UJI				
	140° / 1	140° / 2		135° / 1	135° / 2
5	-	-		-	-
10	70	70		80	80
15	100	120		140	140
20	170	170		180	180
25	200	190		220	210
30	230	220		240	235
35	250	240		255	265
40	270	260		275	275
45	285	280		286	300
50	310	295		300	330
55	320	310		310	350
60	340	320		335	360
65	350	335		345	375
70	365	355		360	385
75	375	365		370	400
80	385	375		380	415
85	400	390		400	425
90	420	400		410	440
95	435	420		425	455
100	445	435		435	465

VERTIKAL

60	15	15		20	16
100	35	32		42	37
120	49	46		56	60

# STABILOMETER

PEKERJAAN :

HORISONTAL

: PARUTAN BAN

5-100 PSI	KODE BENDA UJI			
	130° / 1	130° / 2		
5	-	-		
10	70	70		
15	120	110		
20	160	150		
25	190	180		
30	220	200		
35	240	215		
40	260	240		
45	280	260		
50	290	280		
55	310	290		
60	320	310		
65	335	325		
70	350	335		
75	365	350		
80	380	360		
85	390	370		
90	400	385		
95	415	400		
100	430	410		

VERTIKAL

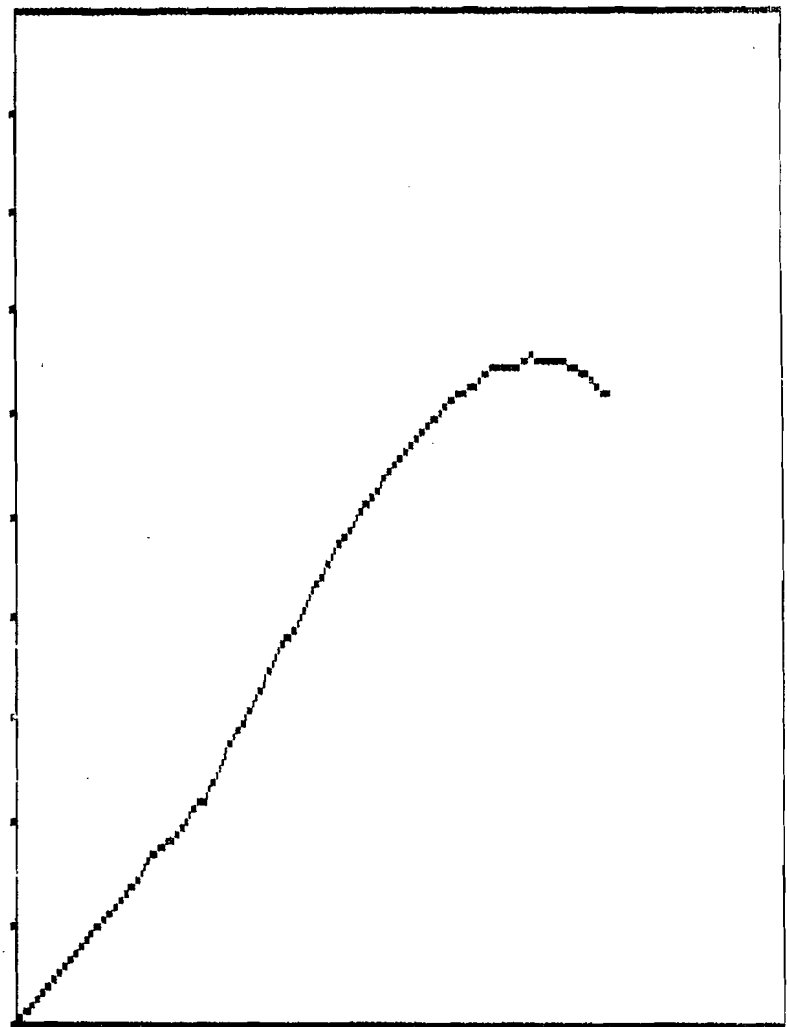
60	21	21		
100	46	47		
120	60	62		

```

F1 DIRECTION COMPRESSION
F2 AUTOMATIC STOP
F3 LINEAR UNITS MM
F4 FORCE UNITS N
F5 AREA COMP OFF
F6 CYCLING OFF
F7 TEST SPEED 50.800 MM/MIN
F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
F9 PRELOAD 5.000 N
F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N
P PRELOAD ***
T TEST *
S STOP *
C CONTINUE *** STOP
R RETURN *
J JOG ***
Z ZERO POSITION COUNT
X X-Y PLOT FROM MEMORY
Alt-Q TO QUIT PROGRAM

```

5000  
N



0.00

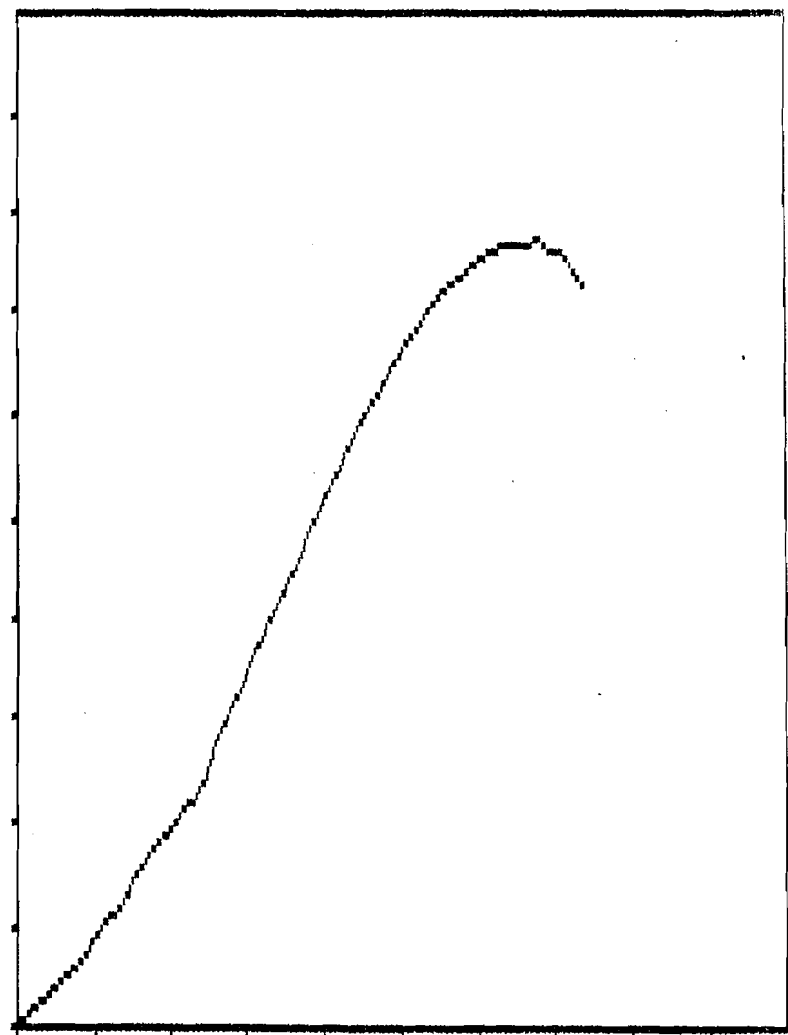
POSITION	-4.0195			
	@ PEAK	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
EXTENSION	3.342	3.784	4.020	OF 100.0 MM
LOAD	3284.066	3133.864	1081.960	



F1 DIRECTION COMPRESSION 5000  
 F2 AUTOMATIC STOP N  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N

P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

5000  
N  
0.00



POSITION	-3.8818			
	@ PEAK	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
EXTENSION	3.409	3.632	3.882	OF 100.0 MM
LOAD	3856.868	3711.758	1181.245	

F1 DIRECTION COMPRESSION  
 F2 AUTOMATIC STOP  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N

P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

5000  
N



0.00

POSITION -3.8322  
 EXTENSION 3.148  
 LOAD 4266.740

@ PEAK 3.586  
 @ BREAK 4134.359

0.00

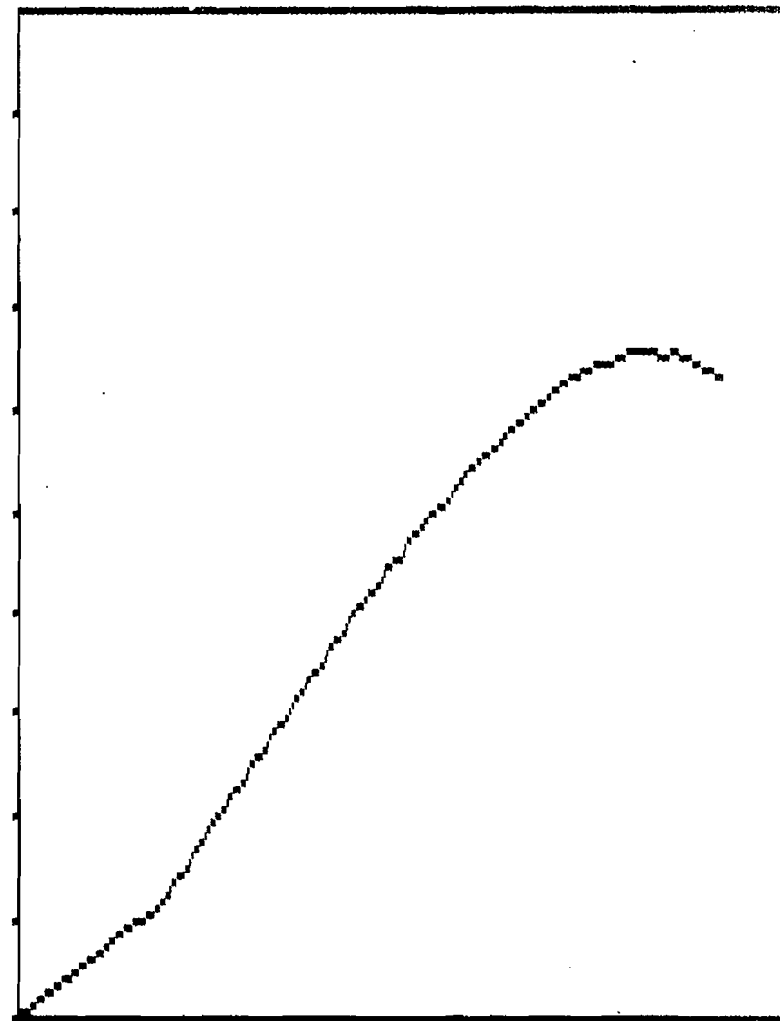
PRESENT 3.832  
 715.366

5.00 %  
OF 100.0 MM

```

F1 DIRECTION COMPRESSION 10000
F2 AUTOMATIC STOP N
F3 LINEAR UNITS MM
F4 FORCE UNITS N
F5 AREA COMP OFF
F6 CYCLING OFF
F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN
F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
F9 PRELOAD 5.000 N
F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N
P PRELOAD ***
T TEST *
S STOP *
C CONTINUE *** STOP
R RETURN *
J JOG ***
Z ZERO POSITION COUNT
X X-Y PLOT FROM MEMORY
Alt-Q TO QUIT PROGRAM

```



```

POSITION -4.7396
EXTENSION 4.286
LOAD 6598.681

```

```

@ PEAK @ BREAK
4.499
6364.469

```

```

PRESENT
4.740
1456.190

```

```

5.00 %
OF 100.0 MM

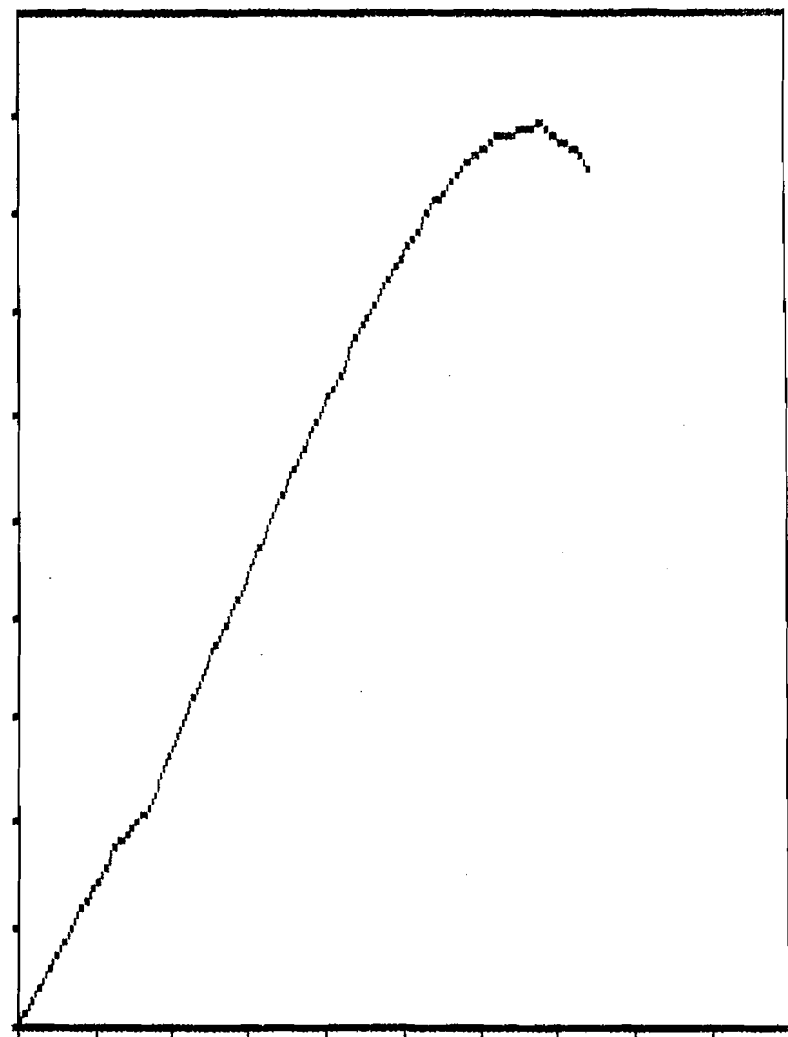
```

```

F1 DIRECTION COMPRESSION
F2 AUTOMATIC STOP
F3 LINEAR UNITS MM
F4 FORCE UNITS N
F5 AREA COMP OFF
F6 CYCLING OFF
F7 TEST SPEED 50.800 MM/MIN
F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
F9 PRELOAD 5.000 N
F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N
P PRELOAD ***
T TEST *
S STOP *
C CONTINUE *** STOP
R RETURN *
J JOG ***
Z ZERO POSITION COUNT
X X-Y PLOT FROM MEMORY
Alt-Q TO QUIT PROGRAM

```

5000 N  
0.00

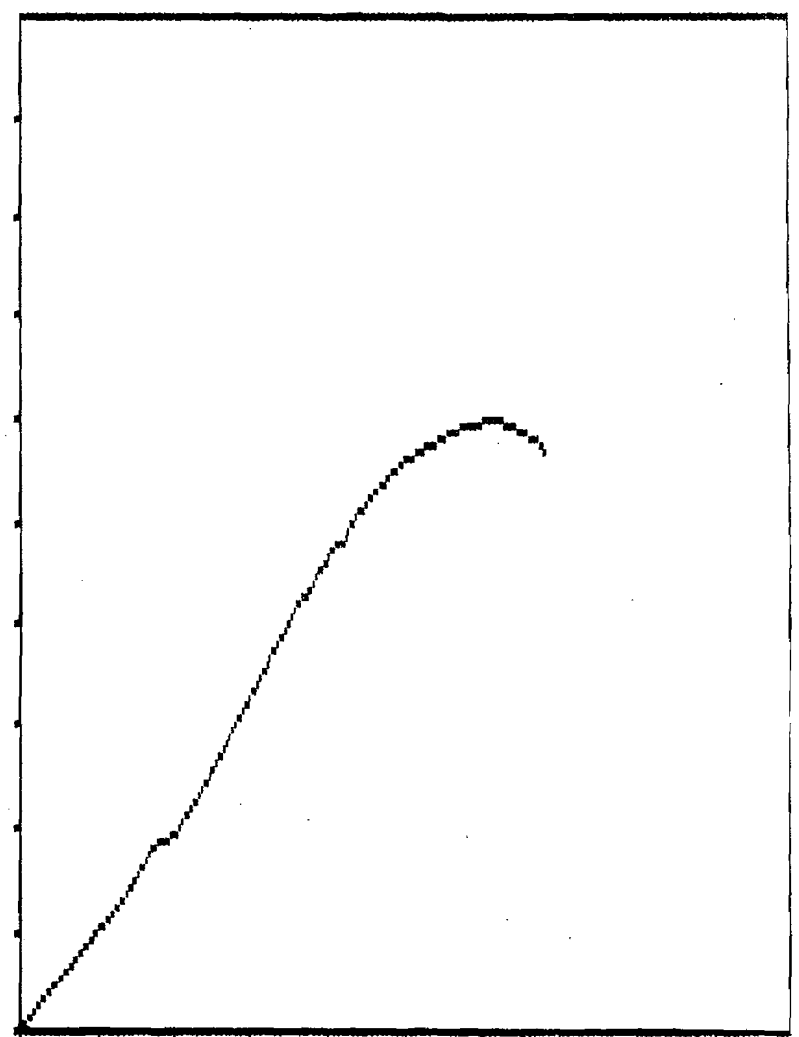


POSITION	-3.8900	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
	@ PEAK	3.636	3.890	OF 100.0 MM
EXTENSION	3.407	4312.564	1766.777	
LOAD	4437.308			

F1 DIRECTION COMPRESSION 5000  
 F2 AUTOMATIC STOP N  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.800 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N

P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

0.00

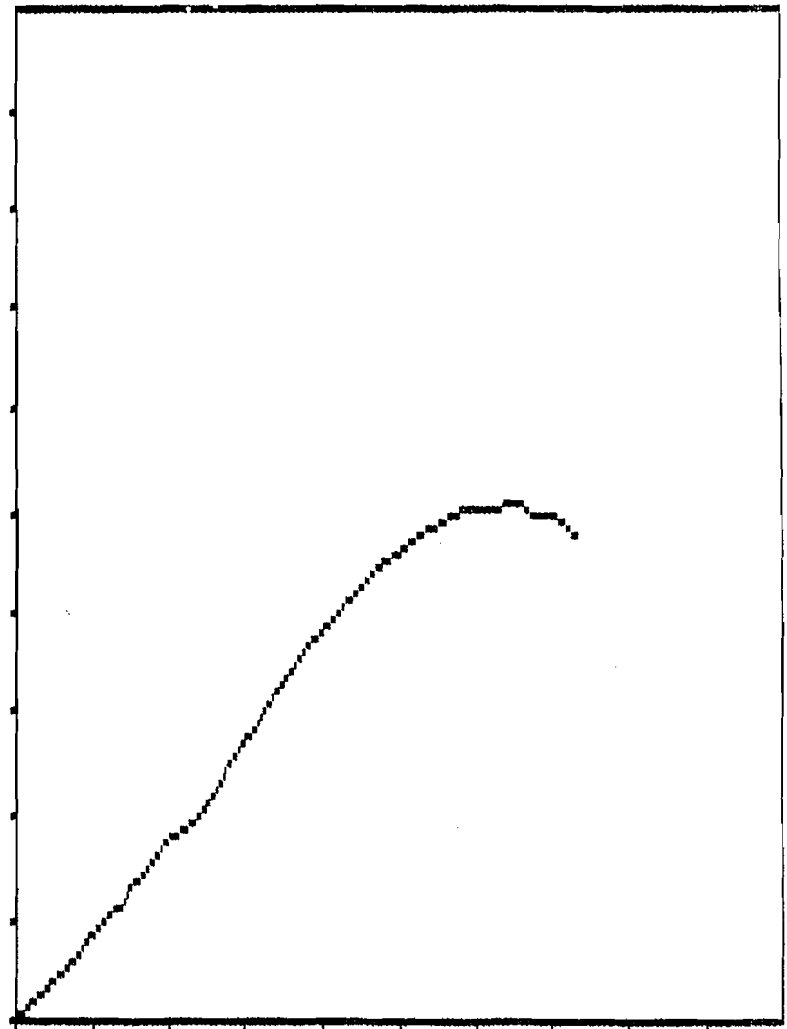


POSITION	-3.5966	@ PEAK	3.343	PRESENT	3.597	5.00 %
EXTENSION	3.049	@ BREAK	2914.927	1036.135		OF 100.0 MM
LOAD	2991.300					

```

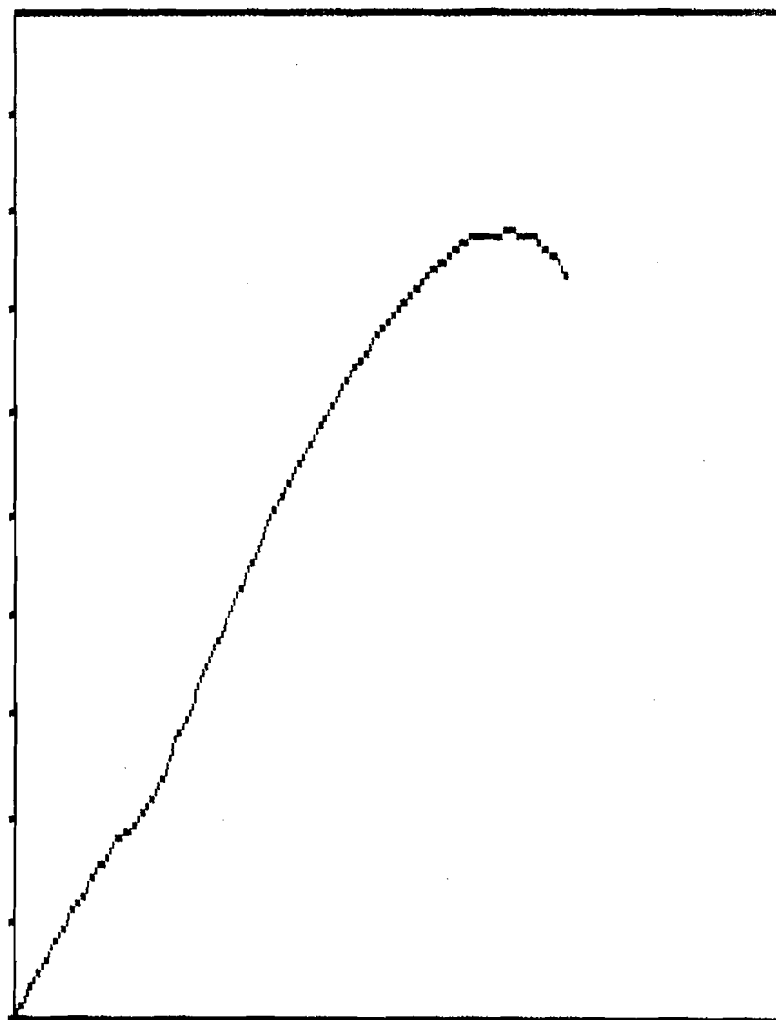
F1 DIRECTION COMPRESSION 5000
F2 AUTOMATIC STOP N
F3 LINEAR UNITS MM
F4 FORCE UNITS N
F5 AREA COMP OFF
F6 CYCLING OFF
F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN
F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
F9 PRELOAD 5.000 N
F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N
P PRELOAD ***
T TEST *
S STOP *
C CONTINUE *** STOP
R RETURN *
J JOG ***
Z ZERO POSITION COUNT
X X-Y PLOT FROM MEMORY
Alt-Q TO QUIT PROGRAM 0.00

```



POSITION	-3.8437	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
	@ PEAK	3.599	3.844	OF 100.0 MM
EXTENSION	3.302	2426.135	901.209	
LOAD	2540.696			

F1 DIRECTION COMPRESSION 5000  
 F2 AUTOMATIC STOP N  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N  
 P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM 0.00

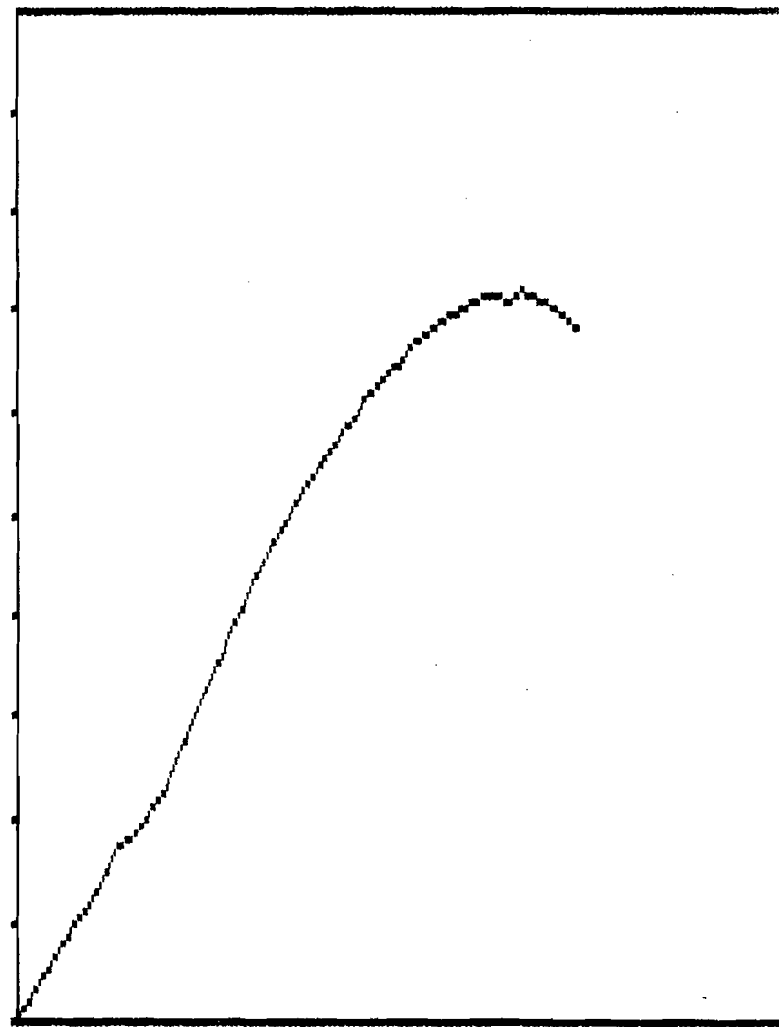


POSITION	-3.7751	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
	@ PEAK		3.775	OF 100.0 MM
EXTENSION	3.228	3.521		
LOAD	3910.330	3770.311	1486.740	

```

F1 DIRECTION COMPRESSION 5000
F2 AUTOMATIC STOP N
F3 LINEAR UNITS MM
F4 FORCE UNITS N
F5 AREA COMP OFF
F6 CYCLING OFF
F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN
F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN
F9 PRELOAD 5.000 N
F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N
P PRELOAD ***
T TEST *
S STOP *
C CONTINUE *** STOP
R RETURN *
J JOG ***
Z ZERO POSITION COUNT
X X-Y PLOT FROM MEMORY
Alt-Q TO QUIT PROGRAM 0.00

```



POSITION	-3.8456	@ BREAK	PRESENT	5.00 %
	@ PEAK	3.596	3.846	OF 100.0 MM
EXTENSION	3.299	3459.725	1328.901	
LOAD	3604.835			

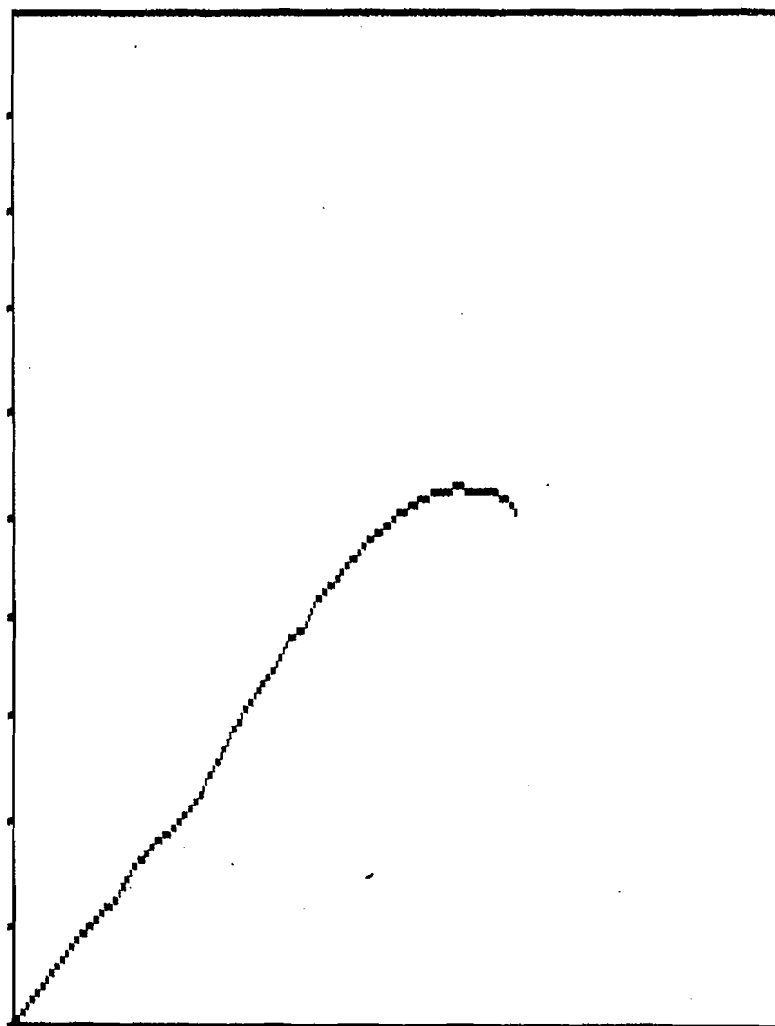


F1 DIRECTION COMPRESSION  
 F2 AUTOMATIC STOP  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N

P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

5000  
N

0.00

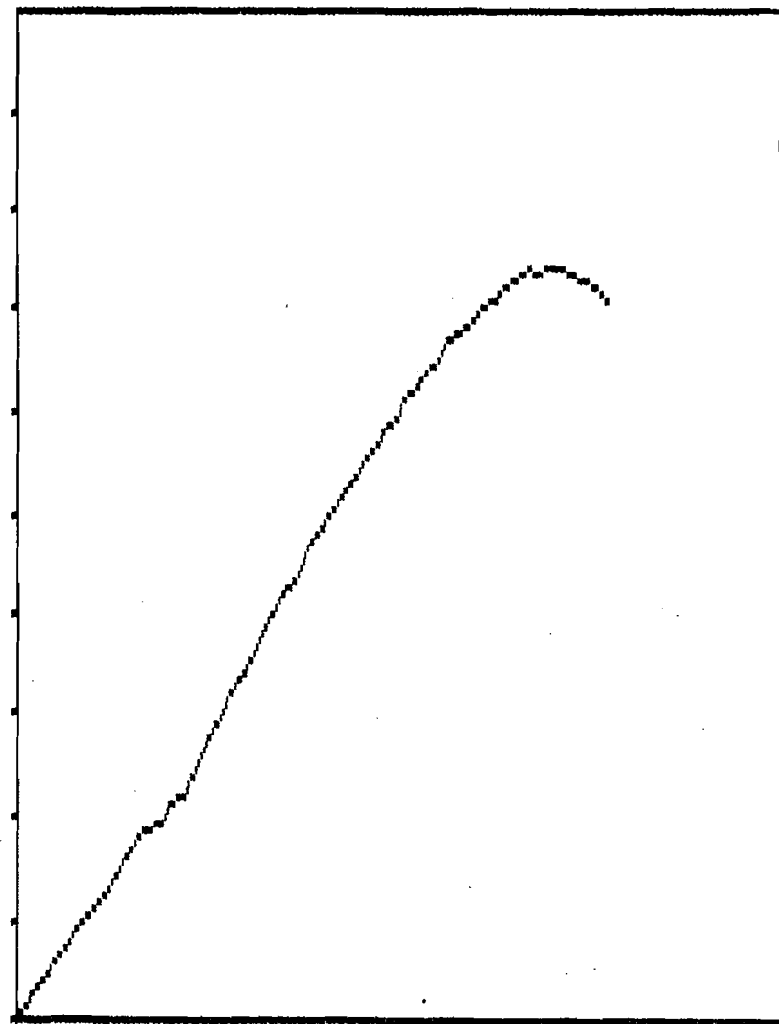


0.00

5.00 %  
OF 100.0 MM

POSITION	-3.4341	@ BREAK	PRESENT
EXTENSION	2.906	3.200	3.434
LOAD	2637.436	2571.246	972.491

F1 DIRECTION COMPRESSION 5000  
 F2 AUTOMATIC STOP N  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N  
 P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM 0.00



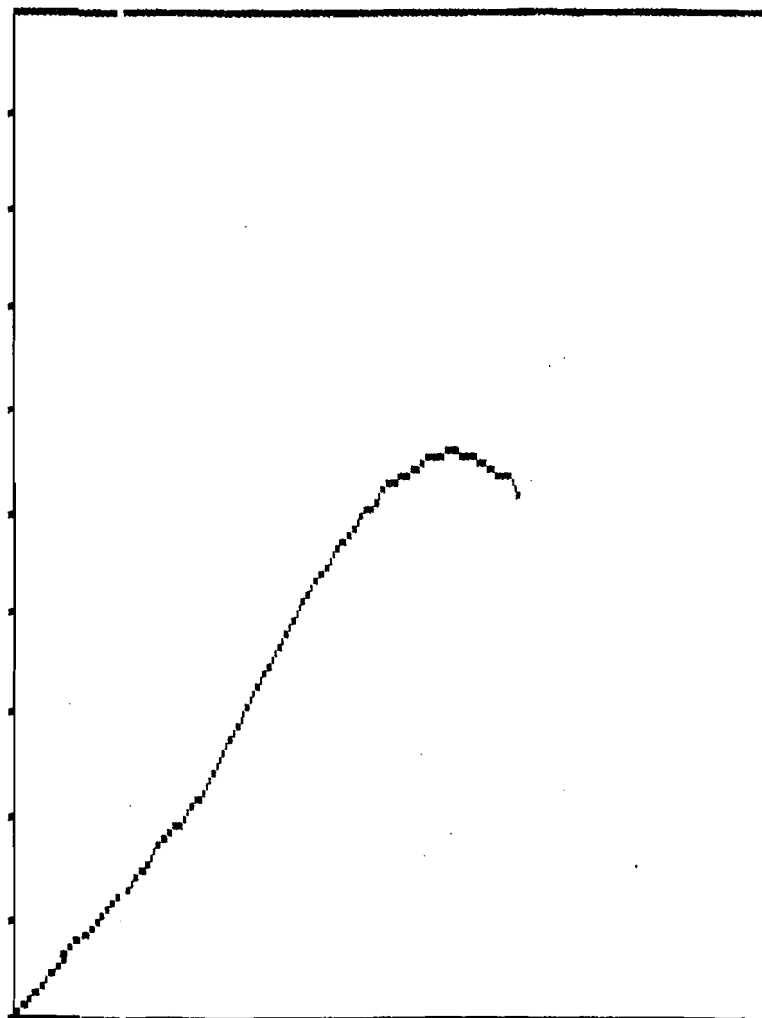
POSITION	-4.0354	@ PEAK	@ BREAK	PRESENT
EXTENSION	3.568		3.787	4.035
LOAD	3724.487		3607.381	1344.176

5.00 %  
OF 100.0 MM

F1 DIRECTION COMPRESSION  
 F2 AUTOMATIC STOP  
 F3 LINEAR UNITS MM  
 F4 FORCE UNITS N  
 F5 AREA COMP OFF  
 F6 CYCLING OFF  
 F7 TEST SPEED 50.000 MM/MIN  
 F8 RETURN SPEED 100.000 MM/MIN  
 F9 PRELOAD 5.000 N  
 F10 SETUP SCALES CAP = 133440 N

P PRELOAD \*\*\*  
 T TEST \*  
 S STOP \*  
 C CONTINUE \*\*\* STOP  
 R RETURN \*  
 J JOG \*\*\*  
 Z ZERO POSITION COUNT  
 X X-Y PLOT FROM MEMORY  
 Alt-Q TO QUIT PROGRAM

5000  
N



0.00

0.00

5.00 %  
OF 100.0 MM

POSITION	-3.4690	@ PEAK	@ BREAK	PRESENT
EXTENSION	2.926		3.220	3.469
LOAD	2795.275		2678.169	521.886

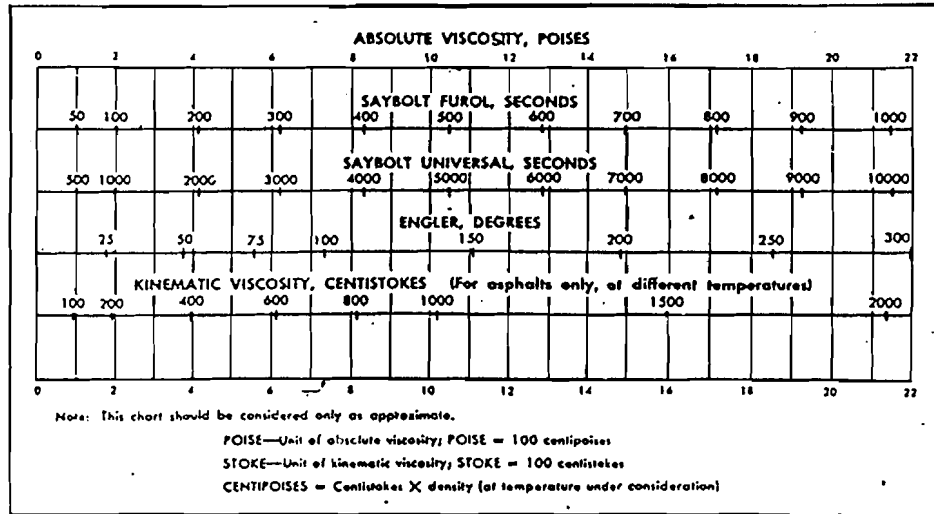


Figure IV.1 Viscosity Conversion Nomograph

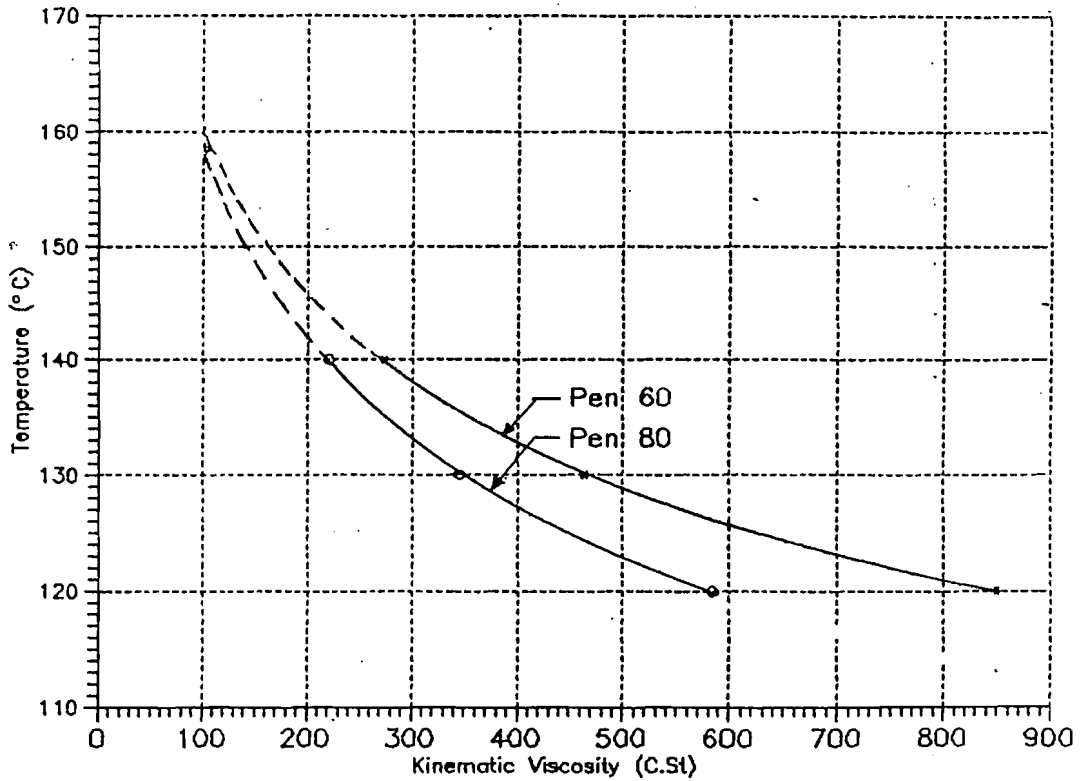
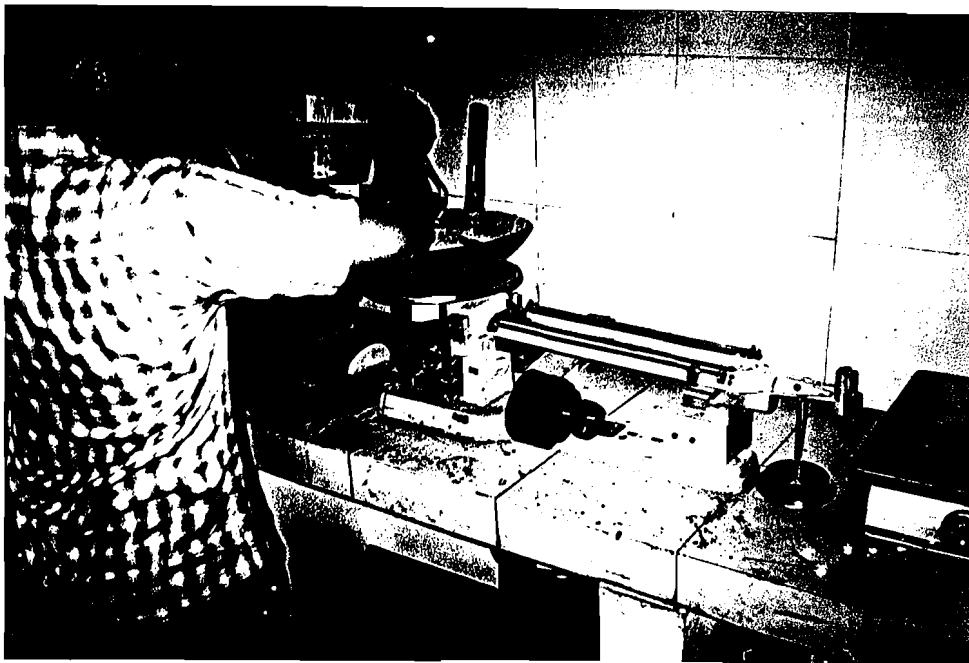


Figure IV.2 Viscosity vs Temperature of Bitumens

## DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



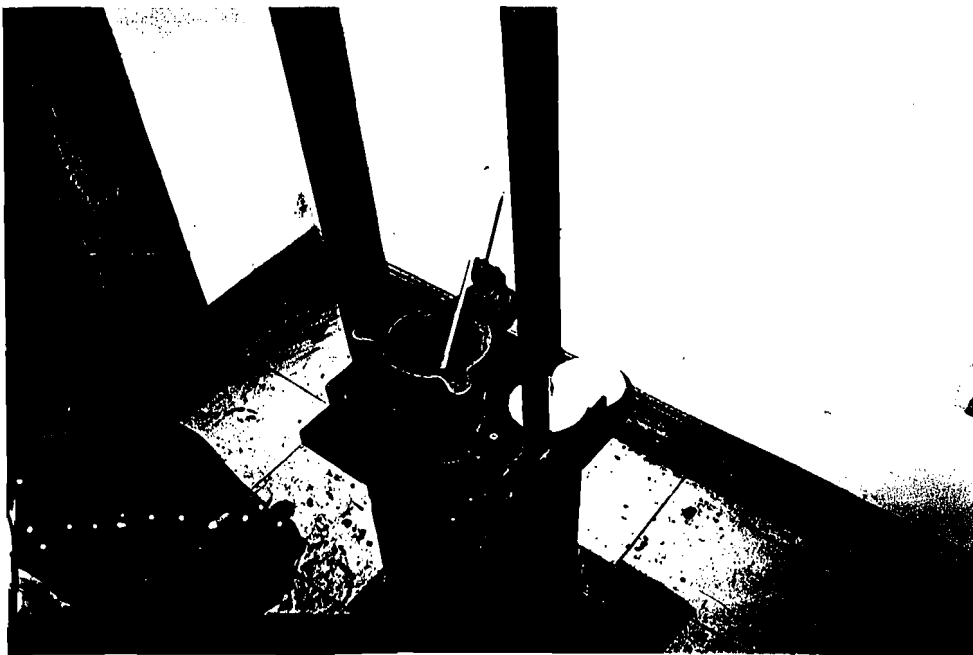
**Gambar 1. Pemanasan Aspal dan Agregat pada Temperatur 160° C dan 170° C**



**Gambar 2. Pencampuran Aspal dan Agregat**

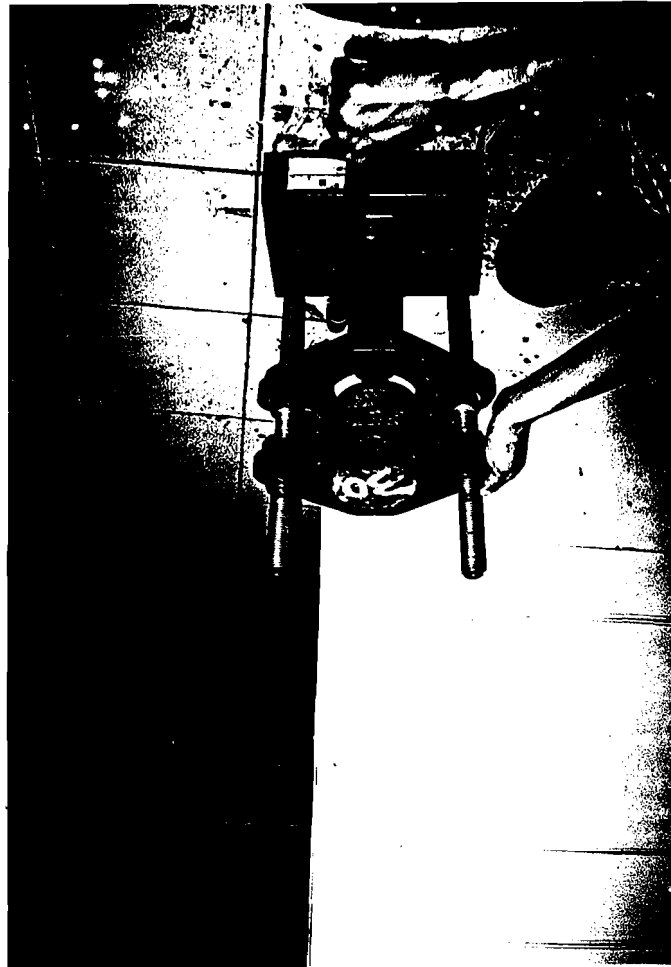


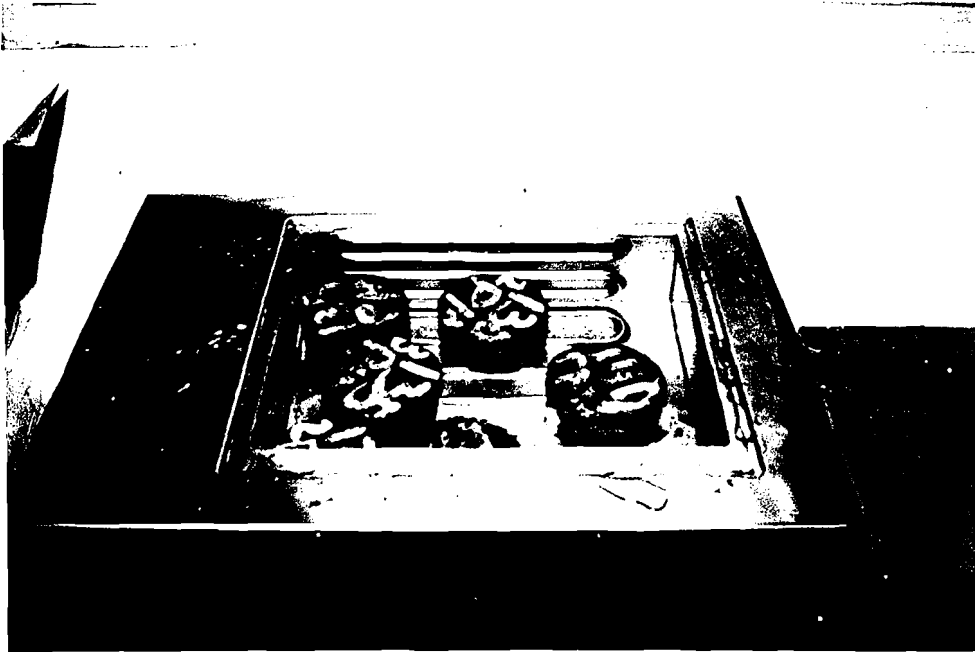
**Gambar 3. Proses Pengadukkan Campuran**



**Gambar 4. Proses Penurunan Temperatur Benda Uji Sebelum diPadatkan**

Gambar 5. Pengeluaran Benda Uji dengan Ejektor





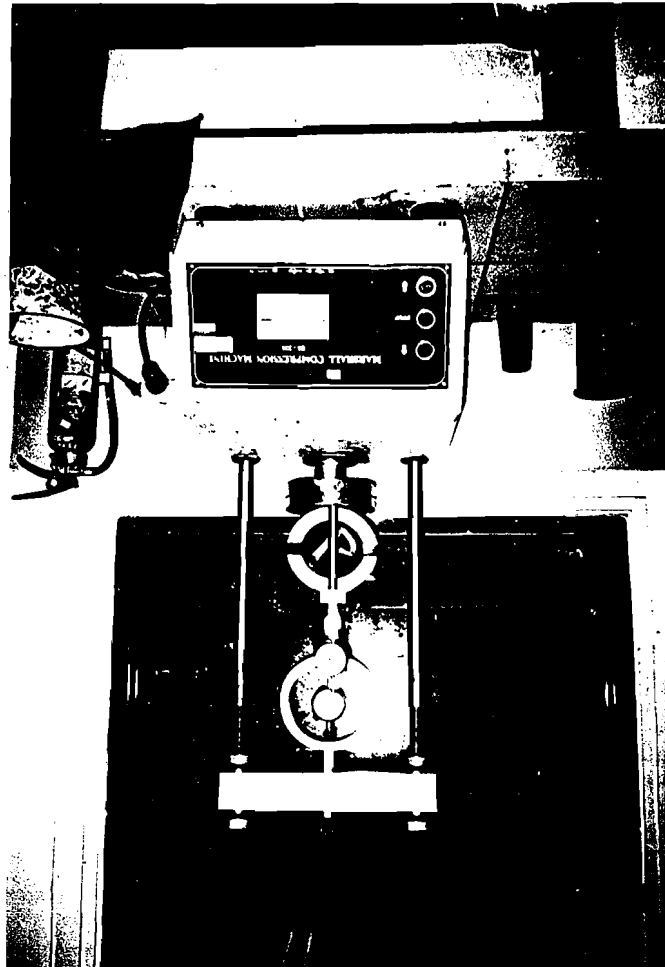
**Gambar 6. Perendaman Benda Uji pada *Waterbath* dengan Temperatur  $\pm 60^{\circ}\text{C}$**



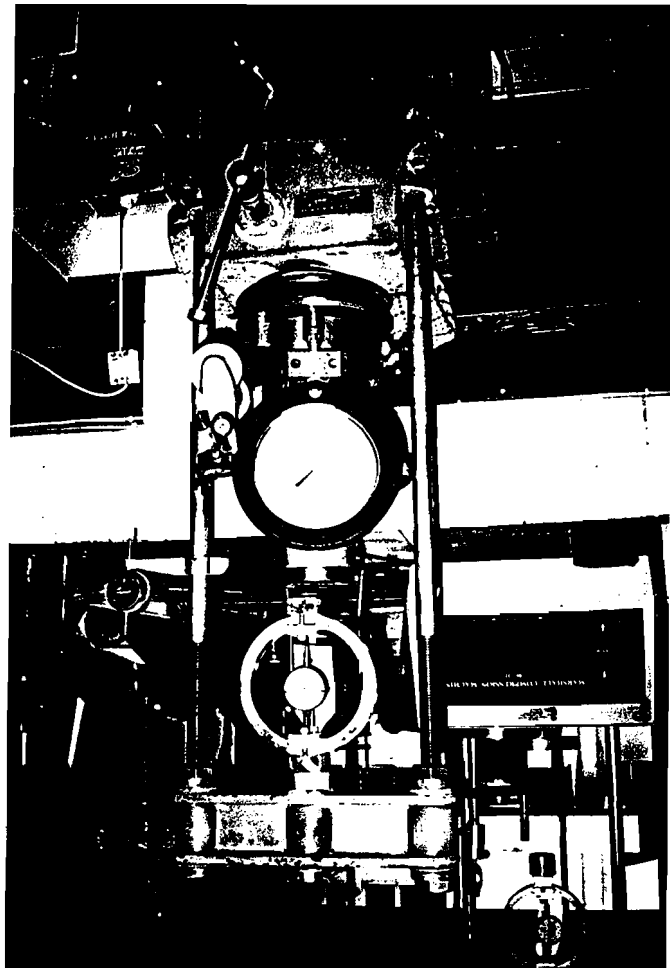
**Gambar 7. Pengujian Benda Uji dengan Alat *Marshall***



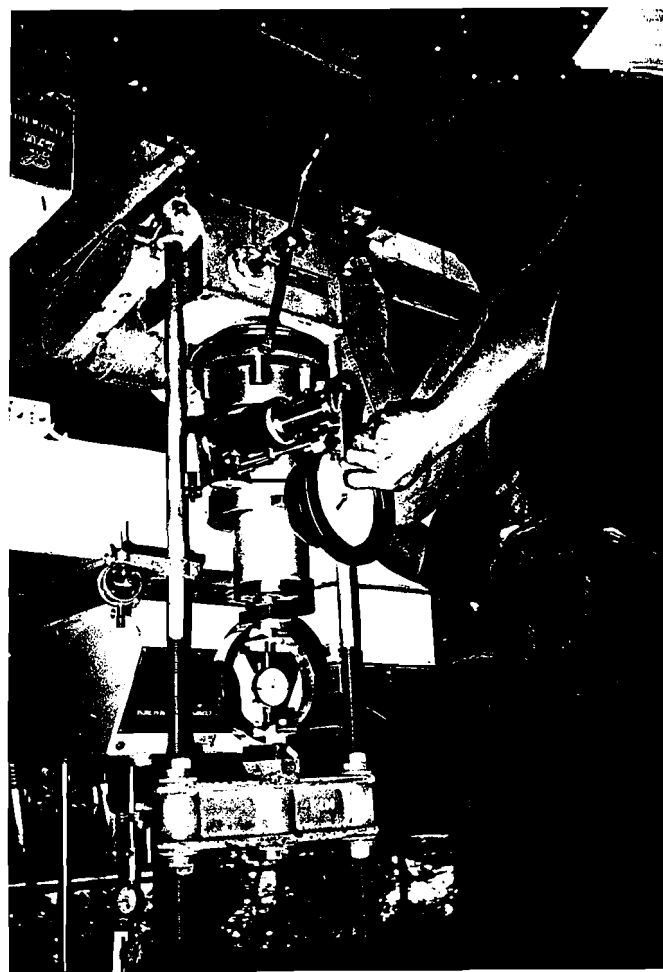
Gambar 8. Alat Uji Marshall

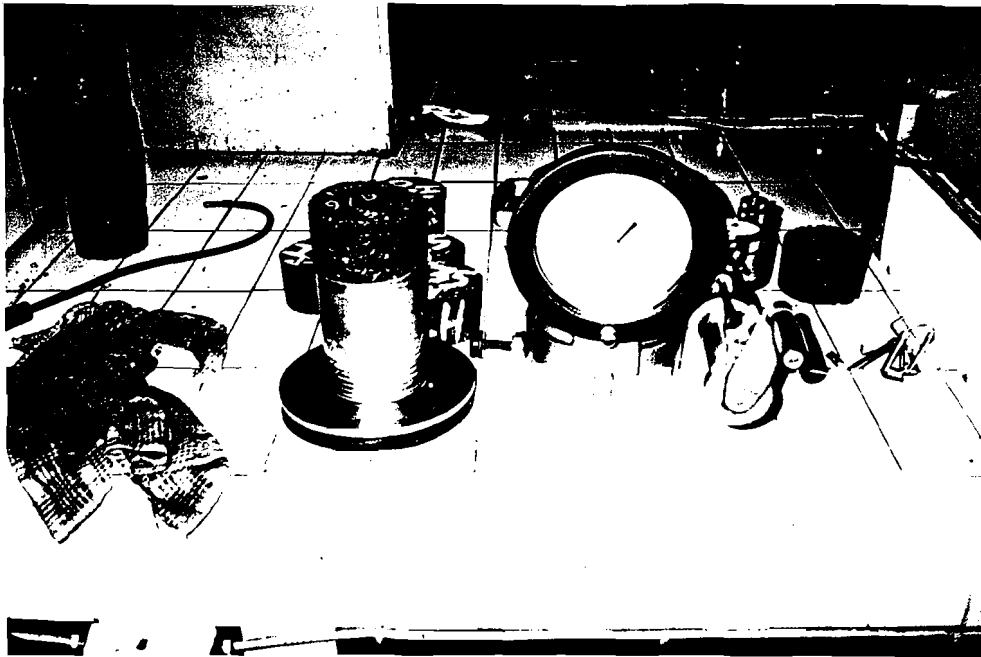


Gambar 9. Alat Uji Hveem Stablometer

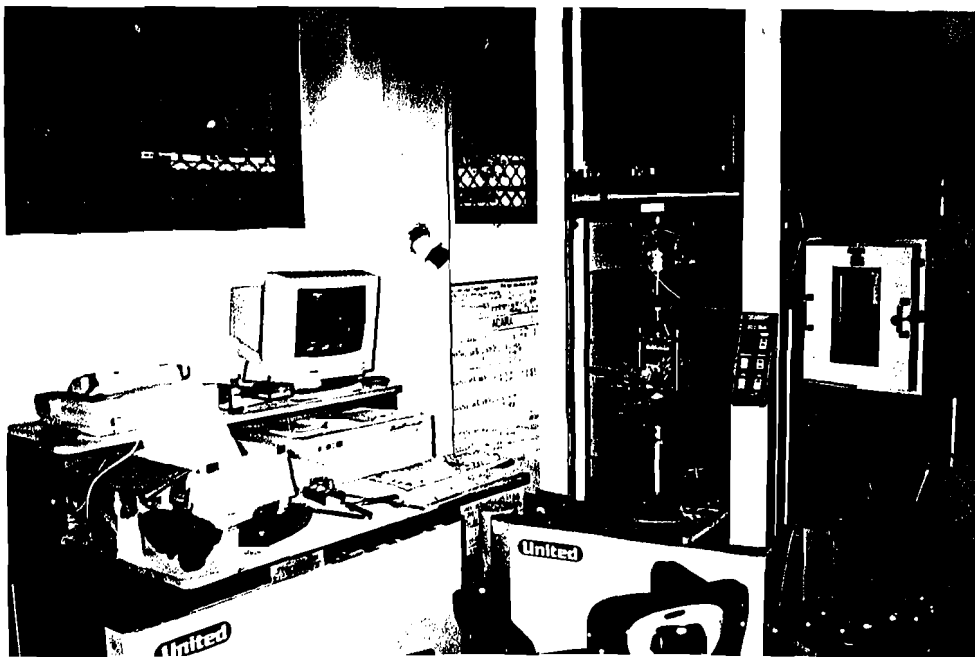


Gambar 10-Proses Penekanan Arah Vertikal Terhadap Benda Uji



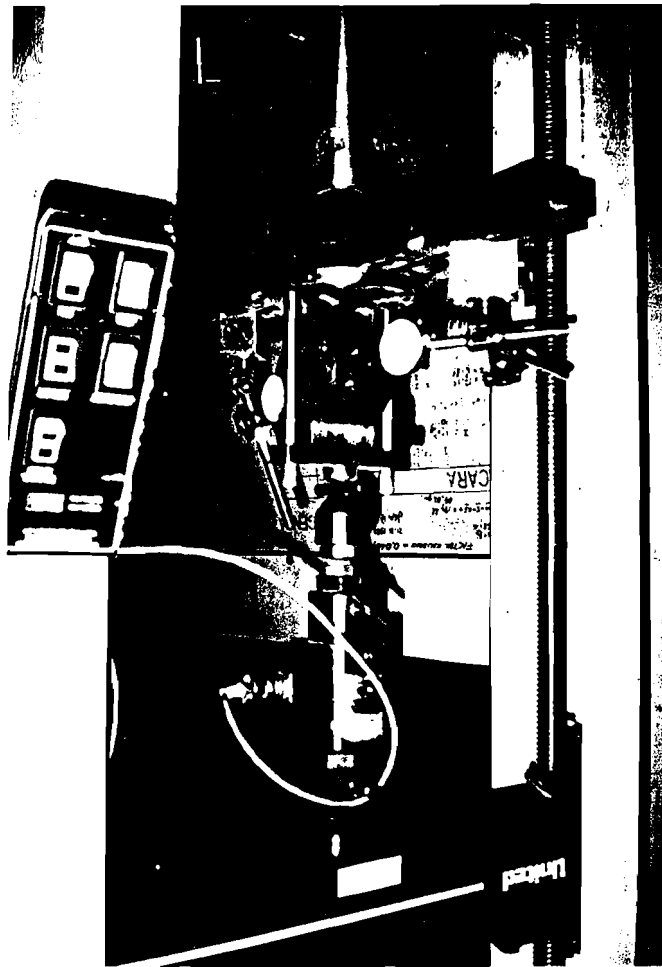


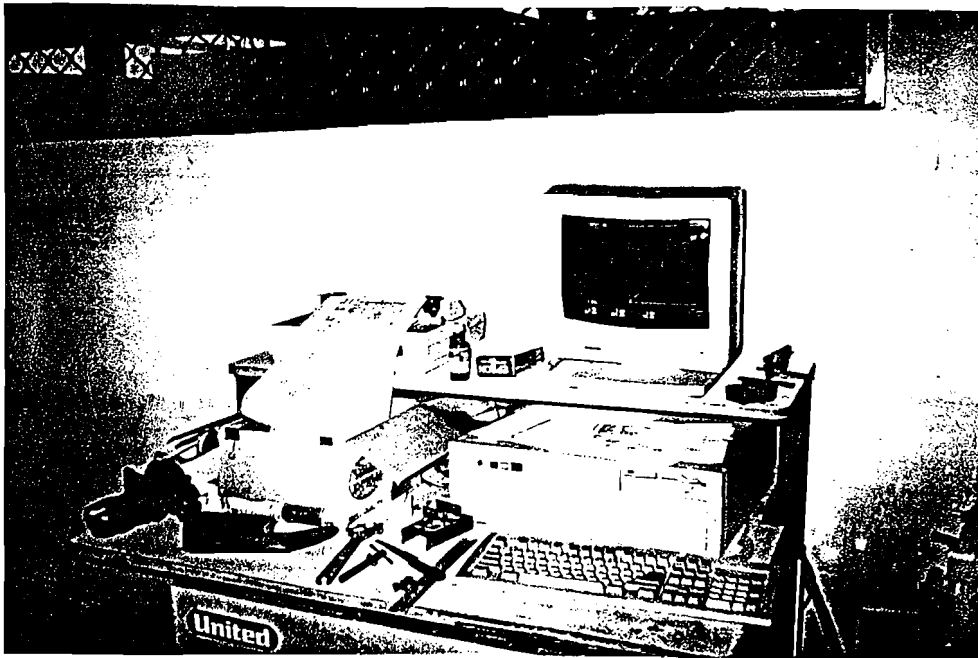
**Gambar 11. Komponen *Hveem Stabilometer***



**Gambar 12. Seperangkat alat Uji Tarik Tak Langsung (*Indirect Tensile Test*) / *Universal Testing Machine (UTM)***

Gambar 13. Pengujian Benda Uji dengan Universal Testing Machine (UTM)





**Gambar 14. Perangkat Komputer Guna Memperoleh Data Load dan Regangan Vertikal (dv)**

