TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN KARET PADAT TERHADAP KUALITAS CAMPURAN BERASPAL PANAS



Disusun Oleh :

BENNY OKTOBARAN
No. Mhs : 94 310 001
NIRM : 940051013114120001

IMAN DARMAWAN
No. Mhs : 94 310 005
NIRM : 940051013114120005

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN KARET PADAT TERHADAP KUALITAS CAMPURAN BERASPAL PANAS

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

Disusun Oleh :

BENNY OKTOBARAN
No. Mhs : 94 310 001
NIRM : 940051013114120001

IMAN DARMAWAN
No. Mhs : 94 310 005
NIRM : 940051013114120005

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN KARET PADAT TERHADAP KUALITAS CAMPURAN BERASPAL PANAS

Disusun Oleh :

BENNY OKTOBARAN
No. Mhs : 94 310 001
NIRM : 940051013114120001

IMAN DARMAWAN
No. Mhs : 94 310 005
NIRM : 940051013114120005

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. SUKARNO,SU
Dosen Pembimbing 1

Tanggal : 21-8-1999

Ir. SUBARKAH, MT
Dosen pembimbing 2

Tanggal : 21-8-1999

Ya....Allah begitu indah anugrah yang kau berikan padaku.
Disaat aku mulai menginjak masa dewasa kau berikan aku kebahagian.... menjadikan aku seorang Sarjana
Perjuangan panjang dibangku kuliah strata satu kini sudah kuakhiri.
Ilmu pengetahuan yang kudapat akan menjadi bekalku dalam melangkah menuju masa depan yang akan segera datang
27 September 1999 aku mengucap janji di acara ritual sidang dewan Universitas Islam Indonesia atas gelar keserjanaanku. Toga hitam yang kukenakan menjadi saksi bisu atas luapan rasa bahagia yang kini Kualami.
.....Terima kasih Ya. Allah

MOTTO

"Dan Tuhanmu telah memerintahkan supaya kamu
jangan menyembah selain Dia
dan hendaklah kamu berbuat baik pada
ibu bapakmu dengan sebaik-baiknya.
Jika salah seorang di antara keduanya
atau kedua-duanya sampai berumur lanjut dalam pemeliharaanmu,
maka sekali-kali janganlah kamu mengatakan kepada keduanya "**Ah**"
dan janganlah kamu membentak mereka
dan ucapkanlah kepada mereka perkataan yang mulia."
(Q.S. Al Israa' : 23)

"...Alloh meninggikan orang yang beriman diantara kamu
dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat."
(Q.S. Al Mujaadalah : 11)

"Ilmu itu lebih baik daripada harta,
ilmu akan menjagamu, sedangkan harta harus engkau jaga.
Harta itu akan terkikis habis dan penumpuk harta akan lenyap
bersamaan dengan habisnya kekayaan."
(Ali bin Abi Thalib r.a.)

Lembar Persembahan

I dedicate this thesis to my beloved family

who support has made all this possible. To my darling mother , who showed me unlimited love and instilled in me a sense of survival, thank you.

To my father , who taught me to be strong and responsible, thank you

to my brother Andi, Alpin, Inal and my sister Pipit, who were always there when I need them, thank you

.....I love you all !

Benarkah ini suatu keajaiban ataukah sebuah anugerah ? Yang pasti ini merupakan hasil kerja keras dan hasil belas kasihan dari berbagai pihak. Untuk itu saya dengan tulus ingin mengucapkan terima kasih dan memberikan kebahagianku kepada :

1. temen-temen dekatku Iman " terima kasih atas kerja samanya", Andi ferdian, Madi, Andra "thanks untuk semua yang kita alami bersama semoga itu menjadi tali pengikat persahabatan kita ", Willy, Wiwid, Susianto, Bang Armand, Faisal medan, Boby, Pete, Aldi " kapan kita chat lagi", Ririn "thaks for your support", Yoan, Novi, Ike, Calik, Ita, Mira Ratna, Naning,Yaya, Intan, Ira, Ihsan, Irhamudin, David, Enny, Dini, dan temen-temenku di jakarta dan di palembang "thanks for your attention",
2. temen-temen kampusku Anak - anak transportasi, Anak kelas D'94, Ilham, Logok, Tridin, Imelda, Tileng "Terima kasih atas agregat dan aspalnya", Doel " makasih atas instalannya",
3. temen-temen di laboratorium Zulfahmi, Mas Dwi, Mas Andi, Mas Adi, Mas Firman, Mas Chandra " terima kasih atas ilmunya",

.....Benny Oktobaran

INTISARI

Dalam upaya meningkatkan kualitas campuran lapis perkerasan atas jalan, berbagai penelitian telah banyak dilakukan. Seiring berkembangnya teknologi yang terus terjadi, menjadikan banyak alternatif penggunaan bahan tertentu yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas lapis perkerasan atas jalan.

Pemanfaatan karet sebagai bahan tambah dalam campuran lapis perkerasan atas jalan merupakan salah satu alternatif yang dapat dipakai untuk meningkatkan kualitas lapis perkerasan atas jalan.

Dari penelitian laboratorium, studi literatur dan informasi yang telah ada didapat bahwa penggunaan karet dapat meningkatkan kualitas lapis perkerasan atas jalan.

Penelitian lanjutan tentang karet yang dalam hal ini berupa kupasan ban bekas yang kami lakukan di laboratorium jalan raya Universitas Islam Indonesia menggunakan campuran spesifikasi Bina Marga No IV dengan variasi penambahan parutan ban bekas 1% sampai dengan 5% dari berat aspal optimum. Pada penelitian ini selain mencari seberapa besar pengaruh kupasan ban bekas terhadap kualitas campuran beton aspal juga dilakukan penelitian pengaruh campuran beton aspal karet terhadap suhu, air dan cuaca dengan melihat *index of retained strength* campuran aspal karet dengan cara merendam campuran aspal karet tersebut selama 24 jam dengan suhu 60°C (mengacu pada AASHTO T.165-82 dan ASTM D.1075-76).

Dari hasil penelitian didapat bahwa campuran aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas jika dibandingkan dengan campuran biasa dapat meningkatkan nilai stabilitas, VFWA, *Marshall Quotient* dan menurunkan nilai VITM serta perubahan pada nilai flow. Peningkatan nilai stabilitas tertinggi dicapai pada penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen. Penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen dapat menaikkan stabilitas kurang lebih 28 persen. Penurunan nilai *flow* yang terjadi sebesar kurang lebih 5 persen. Nilai *flow* meningkat pada penambahan parutan ban bekas sebesar 3 sampai 5 persen, tetapi tidak menunjukan perubahan yang besar. Nilai VITM pada campuran aspal karet memiliki kecendrungan mengecil semetara VFWA memiliki kecenderungan naik. Nilai Marshall Quotient yang terjadi lebih besar jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa nilai stabilitas campuran aspal karet yang direndam 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas campuran aspal karet biasa. Penurunan terbesar terjadi pada campuran aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas 2 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 93,89% dan penurunan terkecil terjadi pada campuran aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas 5 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 98,09%. Dari semua sampel, *index of retained strength* yang terjadi lebih dari 75%, ini membuktikan bahwa campuran aspal karet tahan terhadap kerusakan yang disebabkan air, suhu dan cuaca.

Dari hasil analisa dan perbandingan yang dilakukan selama melakukan penelitian ini dengan mempertimbangkan keseluruhan komponen penelitian yang meliputi stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, *marshall quotient* dan uji perendaman marshall dapat dikatakan penggunaan bahan tambah parutan ban bekas sebesar 2 persen dari berat aspal optimum yang harganya relatif murah dapat meningkatkan kinerja perkerasan.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr,Wb.

Segala puji kami panjatkan kehadirat allah SWT atas segala berkah dan rakhmat yang telah dilimpahkan-Nya, sehingga tugas akhir yang merupakan hasil dari penelitian laboratorium ini dapat diselesaikan sebaik-baiknya.

Penulisan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Disamping itu penulis ingin mengembangkan wawasan dan memberikan pengetahuan baru tentang penggunaan karet padat pada campuran beraspal panas dan pengaruhnya terhadap air, suhu dan cuaca.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir memberikan hasil yang minimum sekali, untuk itu penulis mengharapkan kepada rekan-rekan untuk dapat terus mengembangkan penelitian ini lebih jauh dan lebih teliti lagi.

Seperti kata pepatah tidak ada gading yang tak retak demikian pula dengan tugas akhir ini. Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar penelitian ini menjadi lebih sempurna lagi.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lupa penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widodo , MSCE,Phd Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BM.Aris, MS Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Sukarno, SU Selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Ir. Subarkah ,MT Selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Sukamto dan bapak Samsudin yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian di laboratorium jalan raya Universitas Islam Indonesia
6. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta atas doa restu dan dorongan yang tiada hentinya diberikan kepada penulis.
7. Rekan - rekan sesama praktikan tugas akhir di laboratorium jalan raya Universitas Islam Indonesia
8. Temanku anak-anak kelas D angkatan 94 Teknik Sipil Universitas Islam indonesia yang selalu memberikan bantuan kepada penyusun.
9. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan praktik kerja sampai dengan selesainya penyusunan laporan ini

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapatkan pahala yang setimpal dari ALLAH.SWT.

Akhirnya penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Wassalamuaalaikum,Wr,Wb

Yogyakarta, Juni 1999

Penulis

DAFTAR ISI

Hal

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

INTISARI v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvii

BAB. I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Tujuan Penelitian 2

1.3. Batasan Masalah 3

BAB. II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Aspal 5

2.2. Agregat 5

2.3. *Filler* 6

2.4. Bahan Tambah 6

2.5. Parutan Ban Bekas 6

BAB. III LANDASAN TEORI 9

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan 9

3.2. Karakteristik Perkerasan 10
3.2.1. Stabilitas 11
3.2.2. Keawetan (Durabilitas) 12
3.2.3. Kelenturan (Fleksibilitas) 12
3.2.4. Tahan Geser / Kekesatan (*Skid resistence*) 13
3.2.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue resitence*) 13
3.2.6. Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*) 14
3.3. Syarat-syarat Kekuatan Struktural 14
3.4. Asphalt Concrete (AC) 15
3.5. Spesifiksi Campuran 16
3.6. Bahan Penyusun 16
3.6.1. Aspal 16
3.6.2. Agregat 17
3.6.2.1. Ukuran butir dan gradasi 17
3.6.2.2. Kebersihan 20
3.6.2.3. Kekerasan 20
3.6.2.4. Bentuk Butiran 21
3.6.2.5. Tekstur Permukaan 21
3.6.2.6. Porositas 22
3.6.2.7. Kelekatan terhadap aspal 22
3.6.3. Bahan Tambah 22
3.7. Pemeriksaan Campuran Aspal Dengan Cara Metode Marshall 22
3.7.1. Stabilitas 23
3.7.2. *FLOW* 23

3.7.3. VITM (*Void in the Total Mix*) 24
3.7.4. VFWA (*Void File With Asphalt*) 24
3.7.5. *Marshall Quotient* 25
3.8. Uji Perendaman Marshall (*Immersion Test*) 26
BAB. IV HIPOTESIS 27
BAB. V METODE PENELITIAN 28
5.1. Cara Penelitian 28
5.2. Bahan 31
5.2.1. Asal Bahan 31
5.2.2. Pemeriksaan Bahan 31
5.2.2.1. Pemeriksaan Bahan 31
5.2.2.2. Persyaratan Bahan 35
5.3. Alat Yang Digunakan 36
5.4. Jalannya Penelitian 38
5.4.1. Pembuatan Campuran 38
5.4.1.1. Campuran Aspal Biasa 39
5.4.1.2. Campuran Aspal Karet 40
5.4.2. Cara Melakukan Pengujian 41
5.4.2.1. Pengujian Marshall Standar 41
5.4.2.2. Pengujian Rendaman Marshall (*Immersion Test*) 42
5.5. Anggapan Dasar 44
5.6. Analisa Hitungan 44
5.7. Reduksi Data 48

DAFTAR TABEL

Tabel		hal
3.1.	Spesifikasi campuran AC	16
3.2.	Persyaratan AC 60/70 spesifikasi Bina Marga	17
3.3.	Spesifikasi gradasi menerus AC	19
3.4.	Spesifikasi pemeriksaan agregat kasar	35
3.5.	Spesifikasi pemeriksaan agregat halus	36
3.6.	Persyaratan AC 60/70 spesifikasi Bina Marga	36
6.1.	Hasil pemeriksaan agregat kasar	49
6.2.	Hasil pemeriksaan agregat halus	49
6.3.	Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70	50
6.4.	Hasil uji Marshall untuk beton aspal tanpa parutan ban bekas	51
6.5.	Spesifikasi campuran AC	55
6.6.	Kadar aspal optimum	55
6.7.	Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet	56
6.8.	Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet sesuai grafik	60
6.9.	Hasil uji Marshal untuk campuran aspal karet rendaman 24 jam	60
6.10.	Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet rendaman 24 jam sesuai grafik	64
6.11.	Hasil uji perendaman Marshall	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar		hal
3.1.	Bentuk-bentuk kurva gradasi	19
3.2.	Grafik nilai stabilitas	23
3.3.	Grafik nilai *flow*	24
3.4.	Grafik nilai VITM	24
3.5.	Grafik nilai VFWA	25
3.6.	Grafik nilai *Marshall Quotient*	25
5.1.	Diagram alir penelitian keseluruhan	28
5.2.	Diagram alir penelitian campuran AC + parutan ban bekas diuji dengan metode Marshall	29
5.3.	Diagram alir penelitian campuran AC + parutan ban bekas diuji dengan metode *immersion*	30
6.1.	Grafik hubungan antara nilai stabilitas dengan persen penambahan kadar aspal	52
6.2.	Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan kadar aspal	53
6.3.	Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan kadar aspal	53
6.4.	Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan kadar aspal	54
6.5.	Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* dengan persen penambahan kadar aspal	54
6.6.	Grafik hubungan antara nilai stabilitas dengan persen penambahan parutan ban bekas	57

Gambar hal

6.7. Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan parutan ban bekas 58

6.8. Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan parutan ban bekas 58

6.9. Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan parutan ban bekas 59

6.10. Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* dengan persen penambahan parutan ban bekas 59

6.11. Grafik hubungan antara nilai stabilitas dengan persen penambahan parutan ban bekas ;direndam selama 24 jam 62

6.12. Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan parutan ban bekas ;direndam selama 24 jam 62

6.13. Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan parutan ban bekas ;direndam selama 24 jam 63

6.14. Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan parutan ban bekas ;direndam selama 24 jam 63

6.15 Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* dengan persen penambahan parutan ban bekas ; direndam selama 24 jam 64

6.16. Grafik hubungan antara nilai stabilitas campuran aspal karet dengan campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam 66

6.17. Grafik persentase kenaikkan nilai stabilitas campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa 67

6.18. Grafik hubungan antara nilai *flow* campuran aspal karet dan campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam 68

6.19. Grafik kenaikkan *flow* campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa 69

Gambar hal

6.20. Grafik persentase kenaikkan nilai *flow* campuran aspal karet rendaman terhadap campuran aspal karet biasa 70

6.21. Grafik hubungan antara nilai VITM campuran aspal karet dengan campuran aspal biasa 71

6.22. Grafik persentase penurunan nilai VITM campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa 72

6.23. Grafik hubungan antara nilai VFWA campuran aspal karet dengan campuran aspal biasa 73

6.24. Grafik persentase kenaikan nilai VFWA aspal karet terhadap aspal biasa 74

6.25. Grafik hubungan antar nilai *Marshall Quatient* aspal karet dengan campuran aspal karet rendaman 24 jam 75

6.26. Grafik persentase kenaikkan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa 76

6.27. Grafik persentase penurunan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet rendaman 24 jam terhadap campuran aspal biasa 77

6.28. Grafik *index of retained strength* aspal karet 77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Hal
1.	Pemeriksaan penetrasi aspal	91
2.	Pemeriksaan penetrasi aspal karet	92
3.	Pemeriksaan titik lembek aspal	93
4.	Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal	94
5.	Pemeriksaan kelarutan dalam CCl_4 (*Solubbility*)	95
6.	Pemeriksaan daktalitas (*ductility*)/ Residu	96
7.	Pemeriksaan berat jenis aspal	97
8.	Pemeriksaan keausan agregat (*Abrasi test*)	98
9.	Pemeriksaan berat jenis agregat kasar	99
10.	Pemeriksaan berat jenis agregat halus	100
11.	Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal	101
12.	Pemeriksaan *sand equivalent*	102
13.	Perhitungan berat campuran AC berdasarkan variasi berat aspal	103
14.	Hasil Marshall campuran aspal	104
15.	Hasil Marshall campuran aspal karet	105
16.	Hasil Marshall campuran aspal karet rendaman 24 jam	106

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan pembangunan di Indonesia sudah sedemikian pesatnya. Hal ini berdampak semakin pesatnya kebutuhan akan sarana transportasi. Jalan sebagai salah satu sarana penunjang akan kebutuhan transportasi membutuhkan penanganan yang serius. Jalan dituntut untuk selalu dalam kondisi baik agar tercipta lalu lintas yang aman dan nyaman untuk dilalui oleh kendaraan.

Untuk mendapatkan jalan yang mempunyai kondisi yang baik serta sesuai dengan umur kinerja, maka kualitas bahan penyusun struktur jalan perlu diperhatikan.

Di Indonesia yang berilkim tropis, pembangunan dan peningkatan jalan banyak sekali menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Namun masih sering dijumpai kelemahan-kelemahan berupa kerusakan dini pada permukaan jalan setelah beberapa waktu dilalui lalu lintas. Kerusakan jalan yang merupakan prasarana perhubungan akan mengakibatkan terganggunya sektor perhubungan yang konsekuensinya akan menghambat perkembangan sektor ekonomi sosial

Banyak pemikiran untuk mengatasi hal tersebut salah satunya dengan memberikan bahan tambah yang mungkin dapat membuat jalan jadi lebih baik, aman dan nyaman untuk dilalui serta sesuai dengan umur kinerja jalan itu sendiri.

Berawal dari masalah ini, maka penyusun mencoba melakukan penelitian tentang penggunaan karet padat dalam hal ini berupa parutan ban bekas terhadap kualitas campuran beraspal panas. Adapun perumusan masalah yang diambil adalah seberapa besar pengaruh karet padat terhadap kualitas campuran beraspal panas.

Desain campuran yang dipakai adalah desain untuk campuran lapis atas AC dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga.Penyusun mengambil penelitian ini dikarenakan sebelumnya telah diketahui bahwa pada kandungan parutan ban bekas terdapat unsur karet yang mempunyai daya ikat. Selain itu parutan ban bekas merupakan limbah dari pabrik vulkanisir yang harganya murah dan mudah didapat di Indonesia.

Manfaat penelitian ini adalah didapat alternatif bahan tambah yang dapat digunakan pada campuran beraspal panas.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari perilaku campuran aspal yang ditambah parutan ban bekas dan membandingkannya dengan campuran aspal panas biasa.
2. Membandingkan hasil perilaku campuran aspal yang ditambah parutan ban bekas dengan syarat yang diberikan oleh Bina Marga, Petunjuk Pelaksanaan Laston No.13/PT/B/1987 untuk campuran AC.

3. Menguji nilai durabilitas campuran aspal karet setelah direndam didalam *water bath* selama 24 jam dengan suhu ± 60°C yang kemudian dibandingkan Marshall standar.

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini perlu dilakukan agar penelitian dilakukan secara efektif tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. aspal yang dipakai adalah aspal minyak penetrasi 60/70 yang diperoleh dari PB. Suradi, Kulon Progo,
2. bahan tambah yang digunakan adalah karet padat yang berupa parutan ban bekas dari pabrik vulkanisir PT. Surya Agung Mas Semarang,
3. agregat yang digunakan adalah agregat dari kali Clereng hasil *stone crusher* PT. Gebyar Selo Arthamas, Nanggulan, Kulon Progo,
4. perencanaan campuran yang dilakukan adalah perencanaan campuran untuk lapis permukaan lentur AC dengan gradasi menerus (*well graded*) yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga No.IV,
5. uji yang dilakukan adalah uji terhadap aspal, agregat, campuran aspal dan campuran aspal karet,
6. variasi berat aspal untuk campuran AC adalah 4%, 4,5%, 5%, 5,5 %, dan 6% dari berat campuran,
7. variasi berat bahan tambah adalah 1%,2%,3%,4% dan 5% dari berat aspal optimum dengan ukuran butiran lolos saringan #20,

8. penelitian terhadap campuran aspal dan aspal karet menggunakan metode Marshall, dan
9. pengujian *immersion* dengan lama perendaman 24 jam dengan suhu 60^0 C.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan masing-masing agregat (*Highway Material, Kerbs and Walker, 1971*).

Bahan dasar utama aspal adalah *hidrocarbon* semi padat yang tersisa setelah minyak pelumas *(Teknik Jalan Raya, Edisi Keempat jilid 2 , Clarkson H. Oglesby, Penerbit Erlangga)*.

Dalam proses penggunaannya aspal digunakan dalam keadaan cair dan panas serta membentuk akan berbentuk padat dalam keadaan temperatur ruang *(Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia sukirman, 1992)*

2.2. Agregat

Sebagai bahan utama lapis perkerasan, agregat berperan dalam mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan kelapis tanah dasar (*Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, hal.9, 1992*).

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

2.3. *Filler*

Filler didefinisikan sebagai fraksi debu mineral yang lolos saringan no 200 (0.0074 mm) bisa berupa debu batu, batu kapur, debu dolomit atau semen. *Filler* merupakan bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal (*Bahan dan Struktur Jalan Raya, Suprapto, TM*).

2.4. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran perkerasan jalan. Bahan tambah berfungsi menstabilkan atau mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan *(Bahan dan Struktur Jalan Raya, Suprapto TM).*

2.5. Parutan Ban Bekas

Hasil Penelitian mengenai kerusakan jalan di Kuwait menunjukan bahwa jika perkerasan aspal disesuaikan dengan elastisitas tinggi yang tahan terhadap suhu tinggi, maka beberapa masalah jalan dapat diatasi.

Dengan cara mencampur aspal dengan *elastomeric polymer.* Pada awal tahun 1902 sebuah jalan di Cannes, Prancis diperkenalkan penggunaan aspal karet untuk campuran perkerasan. Beberapa kilometer jalan raya diperkeras dengan aspal karet beton, yang sekarang banyak dipakai di seluruh dunia *(Steve Lalwani, Adnan Abushihada dan Adel Halasa).*

Menurut M.P. Piggott, ukuran kekentalan menunjukan bahwa ada pengaruh sangat kecil antara karet olahan dan aspal pada suhu 200°C. Namun dengan adanya karet kurang dari 1% dalam aspal *hot mix* dapat meningkatkan *void content* dan mengurangi stabilitas aspal. Karet vulkanisir mempunyai efek yang lebih besar terhadap kekentalan aspal pada kondisi tersebut. Karet vulkanisir dapat berinteraksi dengan aspal kira-kira 30 menit pada suhu tinggi (>150°C) supaya karet dapat berfungsi penuh *(MR.Piggott, W.Ng, J.D.George dan R.T. Woodhams, 1977).*

Penelitian menggunakan parutan ban bekas pernah dilakukan oleh Iriansyah AS dari Departemen Pekerjaan umum Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung, Jawa barat. Pada penelitian ini ia menggunakan spesifikasi agregat HRS 30%,HRS C dan BM IX dengan komposisi penambahan parutan ban bekas 1%-5% yang hasilnya parutan ban bekas dapat menaikkan nilai stabilitas pada penambahan bahan tambah 2-3 %. Selain itu penelitian menggunakan parutan ban bekas juga pernah dilakukan oleh Heru Wahyudi dan Agus Setyono dari mahasiswa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Penelitian yang mereka lakukan adalah penggunaan parutan

ban bekas pada lapis antara ATBL dengan komposisi penambahan parutan ban bekas dari 1%-5% yang hasilnya parutan ban bekas dapat menaikkan nilai stabilitas pada penambahan bahan tambah 2 %.

Menurut penelitian laboratorium kimia ITB parutan ban bekas mengandung unsur sebagai berikut :

1. kadar karbon total : 32,19 %,
2. kadar silikat : 1,64 %,
3. kadar sulphur : 2,13 % , dan
4. kadar karet (lateks) : 64.04 %.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan meneruskan beban lalu lintas ke lapisan tanah dasar (*subgrade*) agar tanah tidak mendapat tekanan yang melebihi daya dukung.

Perkerasan dapat dikelompokan menjadi 3 (tiga) macam yaitu sebagai berikut ini.

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Perkerasan ini disebut fleksibel, karena di dalam batas - batas tertentu, akibat menerima beban yang terus-menerus atau berulang-ulang, permukaan ini dapat menyesuaikan diri terhadap pemadatan lapisan-lapisan di bawahnya dengan sifatnya yang elastis dan dapat kembali kepada bentuk aslinya apabila muatan dihilangkan. Apabila muatan yang bekerja pada perkerasan tersebut melebihi kapasitas dukung perkerasan atau lapisan -

lapisan pendukung tersebut kehilangan kekuatannya, maka akan terjadi deformasi permanen atau *cracking*.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Disebut perkerasan kaku karena memiliki tekanan desak yang tinggi, sehingga mampu menyebarkan beban pada areal yang relatif lebar, sehingga tegangan yang timbul pada *base* dan *subgrade* relatif lebih kecil.
3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan komposit dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Dalam hal ini yang akan diteliti lebih lanjut hanya terbatas pada perkerasan lentur saja.

3.2. Karekteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat - sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik dan buruknya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik akan dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatannya (sesuai umur rencana), keawetan serta kenyamanannya.

Karakteristik perkerasan tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. karakteristik perkerasan seperti hal di bawah ini.

3.2.1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen.

Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan menentukan tingkat stabilitas yang dibutuhkan. Beberapa variabel yang mempunyai hubungan terhadap stabilitas lapis perkerasan antara lain adalah gesekan, kohesi dan inersia.

Gaya gesek (*friction*) tergantung pada permukaan, gradasi, dan bentuk agregat serta kerapatan campuran dan kualitas aspal.

Kohesi merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan tercermin dari sifat kekerasannya, sedangkan kohesi campuran tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal dan sifat bantu bahan tambah.

Inersia merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan perpindahan tempat *(resistance to displacement)* yang terjadi akibat beban lalu lintas baik besarnya beban maupun jangka waktu pembebanan.

Memaksimalkan stabilitas dapat berarti menurunkan fleksibilitas dan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) dengan gradasi rapat dan saling mengunci perkerasan akan menjadi kaku serta tidak cukup fleksibel.

3.2.2. Keawetan (Durabilitas)

Durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan tempratur maupun keausan akibat gesekan kendaraan. Lapisan perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan pengaruh air dan cuaca.

Pada umumnya durabilitas yang baik dapat diperoleh dengan memberikan kadar aspal yang tinggi, gradasi batuan yang baik serta campuran yang tidak permeabel pada campuran perkerasan.

Dipandang dari jumlah aspal yang digunakan maka dapat dikatakan bahwa makin banyak kadar aspal akan bertambah tebal lapisan aspal yang menyelimuti tiap butir batuan sehingga perkerasan lebih tahan lama karena mengurangi pori-pori yang ada dalam campuran dimana air dan udara sukar masuk dalam perkerasan, akan tetapi aspal berlebihan dapat menimbulkan *bleeding* pada perkerasan bila berada pada temperatur yang tinggi.

3.2.3. Kelenturan (Fleksibilitas)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu-lintas berulang tanpa timbulnya retak, perubahan volume atau perubahan yang permanen.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memberi kadar aspal yang tinggi dan digunakan aspal lunak serta dipakai gradasi agregat yang terbuka (*open graded*).

3.2.4. Tahanan Geser / Kekesatan (*Skid resistance*)

Kekesatan (*skid resistance*) adalah kemampuan lapis permukaan (*surface course*) pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan baik disaat basah maupun disaat kering.

Beberapa faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai ketahanan gesek yang tinggi hampir sama dengan faktor pada penentuan stabilitas.

Kadar aspal yang optimum pada agregat yang mempunyai permukaan kasar akan memberikan tekanan gesek / kekesatan yang tinggi. Faktor lain juga perlu diperhatikan adalah rongga yang cukup dalam lapisan perkerasan karena apabila terjadi kenaikan temperatur yang tinggi tidak terdesak keluar dan terjadi *bleeding*.

3.2.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal campuran dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang mengakibatkan terjadi *rutting* dan retak.

Faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan antara lain karena adanya rongga udara yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dalam campuran perkerasan yang akan menyebabkan terjadinya retak. Sedangkan rongga udara antar butiran dan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi terlalu fleksibel dan lunak sehingga terjadi *rutting*.

3.2.6. Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai yang diharapkan.

Faktor lain yang mempengaruhi adalah temperatur campuran terutama bahan pengikat yang bersifat termoplastik, serta kandungan *filler* yang tinggi akan menyebabkan viskositas naik sehingga.pelaksanaan sukar dilaksanakan.

3.3. Syarat-syarat Kekuatan Struktural

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban / muatan lalu lintas ke *base course,*
2. kedap terhadap air, sehingga air tidak dapat meresap ke lapisan di bawahnya,
3. permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat cepat mengalir,
4. memiliki stabilitas yang cukup dan dapat memikul beban lalu lintas tanpa terjadi suatu deformasi, bergelombang atau desakan samping,
5. tidak terjadi retakan akibat beban lalu lintas, dan
6. campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi.

Untuk dapat memenuhi syarat tersebut perencanaan pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur jalan harus mencakup hal - hal sebagai berikut :

1. perencanaan untuk masing-masing tebal perkerasan,
2. berdasarkan daya dukung *base course*, beban lalu lintas, keadaan lingkungan dan jenis lapisan yang dipilih,
3. analisis campuran bahan,
4. berdasarkan mutu dan jumlah bahan setempat yang tersedia, direncanakan suatu susunan campuran tertentu sehingga terpenuhi spesifikasi dari jenis lapisan yang dipilih, dan
5. pengawasan pelaksanaan pekerjaan yang cermat mulai dari tahap penyiapan lokasi dan material sampai tahap pencampuran atau penghamparan dan akhirnya pemadatan.

3.4. Asphalt Concrete (AC)

Asphalt Concrete atau beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan lentur. Beton aspal ini terdiri dari campuran antara agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat. Kekuatan mekanik dari campuran ini didapat dari gesekan (*internal friction*) dan sifat saling mengunci antar agregat dan adhesi antar buntir yang diperoleh dari bitumen pengikat.

3.5. Spesifikasi Campuran

Pada penelitian ini campuran aspal yang kami teliti adalah campuran untuk lapis atas AC dengan agregat gradasi menerus. Spesifikasi campuran mengacu pada peraturan Bina Marga NO. IV seperti yang ditunjukan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 spesifikasi campuran AC NO. IV

No	Jenis Pemeriksaan	Lalu Lintas Berat
1	Stabilitas (kg)	750
2	*Flow* / Kelelahan (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 5
4	VFWA (%)	75 - 82
5	*Marshall Quotient* (kg / mm)	200 - 500
	Jumlah Tumbukan	2 X 75

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston No 13 / PT / B / 1987

3.6. Bahan Penyusun

3.6.1. Aspal

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar daripada kekuatan masing-masing agregat (*Highway Material, Kerbs and Walker, 1971*).

Asphalt cement pada tempratur ruang antara 25°C-30°C berbentuk padat, pengelompokan *aspalt cement* dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada tempratur 25°C ataupun berdasarkan sifat viskositasnya.

Pada penelitian ini digunakan aspal AC penetrasi 60/70. Persyaratan AC 60/70 ditunjukan dengan tabel 3.2.

Tabel 3.2. Persyaratan AC 60/70, Spesifikasi Bina Marga

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1.	Penetrasi (25°C,5 detik)	PA.031-76	60	79	0,1 mm
2.	Titik Lembek	PA.031-76	48	58	°C
3.	Titik Nyala	PA.031-76	200	-	°C
4.	Kelarutan CCl_4	PA.031-76	99	-	% Berat
5.	Daktalitas (25°C, 5cm / menit)	PA.031-76	100	-	Cm
6.	Berat jenis	PA.031-76	1	-	

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston No 12/ PT/B/1983,Bina Marga

3.6.2. Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui lebih dulu sebelum agregat tersebut digunakan untuk bahan dasar konstruksi. Karena sifat material ini yang mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat-sifat agregat pada umumnya adalah seperti di bawah ini.

3.6.2.1. Ukuran butiran dan gradasi.

The Asphalt Institute, 1983(11, pC-16) mengelompokkan agregat menjadi 4(fraksi), yaitu :

a. agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm),
b. agregat halus, batuan yang lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 30 (0,59 mm),
c. mineral pengisi, batuan yang lolos saringan No.30 dan tertahan saringan No. 200 (0,075), dan

d. *filler*, fraksi agregat halus yang lolos saringan No.200 (0.0075 mm).

Untuk mendapatkan komposisi yang tepat sesuai dengan persyaratan yang ada maka digunakan saringan 3/4 , 1/2 , 3/8, #4, #8, #30, #50, # 100, # 200.

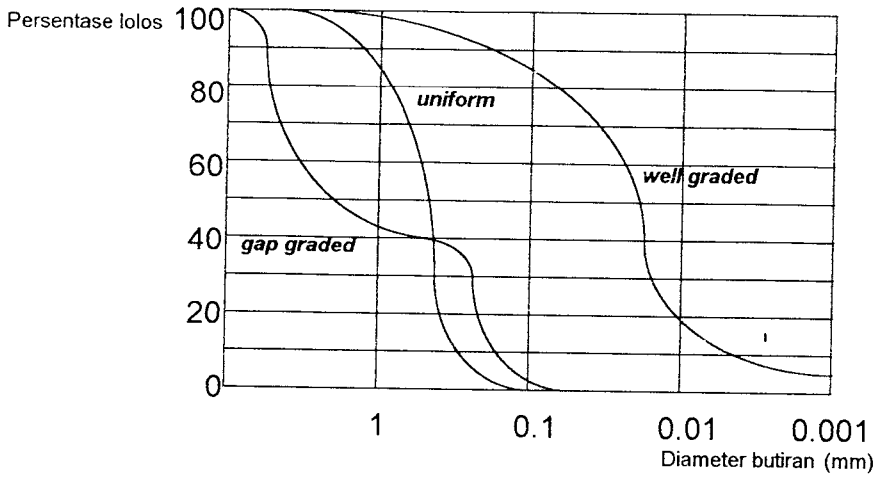
Gradasi adalah persentase pembagian ukuran butir batu yang digunakan dalam suatu konstruksi perkerasan jalan maupun konstruksi beton. Gradasi batuan dapat dinyatakan dengan suatu tabel maupun grafik gradasi. Tabel gradasi sekurang-kurangnya harus membuat ukuran atau nomor saringan dan persentase berat lolos saringan tersebut. Grafik gradasi mempunyai dua sumbu. Sumbu horisontal menyatakan ukuran saringan dalam skala logaritma, sumbu vertikal menyatakan persen berat lolos saringan tersebut. Penggunaan skala logaritma bertujuan agar diameter yang masih kecil dapat digambarkan.

Gradasi dibedakan menjadi 3 (tiga) macam (*kerb and walker* 1971) yaitu :

1. *well graded*, disebut juga gradasi menerus atau gradasi rapat, ialah gradasi yang mempunyai ukuran butir dari yang terbesar sampai ukuran butir yang terkecil dengan tujuan untuk menghasilkan suatu campuran perkerasan dengan bahan pengikat aspal yang mempunyai stabilitas tinggi,
2. *gap graded*, disebut juga gradasi terbuka / gradasi timpang, ialah gradasi yang distribusi ukuran butirnya tidak mempunyai salah satu ataupun beberapa butiran dengan ukuran tertentu (tidak menerus), dan

3. *Uniform one size,* disebut gradasi seragam, ialah gradasi yang dalam ukuran butirnya mengandung butiran yang ukurannya hampir sama.

Untuk lebih jelas bentuk kurva macam-macam gradasi dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bentuk - bentuk kurva gradasi

Gradasi campuran AC yang digunakan adalah gradasi menerus (*well graded*). Spesifikasi analisa saringan yang disyaratkan oleh Bina Marga NO. IV yang berpedoman pada petunjuk pelaksanaan Laston No. 13/PT/B/1983. Gradasi tersebut tercantum dalam Tabel 3.3. dibawah ini

Tabel 3.3. Spesifikasi Gradasi Menerus AC NO. IV

Ukuran Saringan		Prosentase Lolos
inch	mm	%
(1)	(2)	(3)
3 / 4	19,10	100
1 / 2	12,70	80 - 100
3 / 8	9,25	70 - 90
# 4	4,76	50 -70
# 8	2,38	35 - 50

Lanjutan Tabel 3.3

(1)	(2)	(3)
# 30	0,59	18 - 29
# 50	0,279	13 - 23
# 100	0,149	8 - 16
# 200	0,075	4 - 10

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

3.6.2.2. Kebersihan

Kebersihan permukaan batuan dari bahan - bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangatlah penting. Agregat harus bersih dari lumpur, sisa tumbuh-tumbuhan, partikel lempung dan sebagainya. Karena dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan,

3.6.2.3. Kekerasan

Batuan yang digunakan untuk suatu konstruksi lapis perkerasan harus cukup keras, tetapi juga disertai pula kekuatan terhadap pemecahan (degradasi) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pencampuran, penggilasan, repetisi beban lalu lintas dan penghancuran batuan (disintegrasi) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut. Faktor - faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi yaitu :

1. agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras,
2. gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi menerus,

3. partikel kecil akan mengalami degradasi yang lebih kecil dibandingkan partikel besar, dan
4. energi pemadatan yang lebih besar mengalami degradasi yang besar pula.

3.6.2.4. Bentuk Butiran

Bentuk butiran merupakan faktor yang sangat penting untuk memperoleh gaya geser antara batuan dan perkerasan, disamping itu bentuk butiran juga berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar akan menghasilkan sudut geser dalam yang besar daripada bentuk butiran yang permukaannya halus dan juga butiran yang kasar lebih mampu menahan deformasi yang timbul dengan menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kuat.

3.6.2.5. Tekstur permukaan

Tekstur permukaan dari batuan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu sebagai berikut ini.

1. Batuan kasar, batuan kasar memberikan internal *friction*, *skid resistance,* serta kelekatan aspal yang baik pada campuran perkerasan. Biasasanya batu pecah mempunyai *surface texture* yang kasar.
2. Batuan halus, batuan halus mudah dilapisi aspal, tetapi internal *friction* dan kelekatanya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar.
3. Batuan mengkilat, batuan mengkilat memberikan internal *friction* yang rendah sekali dan sulit dilekati aspal.

3.6.2.6. Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan, dan pemakaian aspal dalam campuran. Semakin banyak pori batuan semakin kecil kekuatan dan kekerasannya, serta memerlukan aspal lebih banyak. Selain itu dengan pori yang banyak, batuan mudah mengandung air dan air ini akan sulit dihilangkan, sehingga menggangu lekatan antara aspal dan batuan.

3.6.2.7. Kelekatan terhadap aspal

Faktor - faktor yang berpengaruh adalah tekstur permukaan, lapis permukaan, luas permukaan, porositas dan reaktivitas kimiawi.

3.6.3. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran perkerasan jalan. Dalam penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah berupa parutan ban bekas yang diperoleh dari pabrik vulkanisir ban PT. Surya Agung Mas di Semarang.

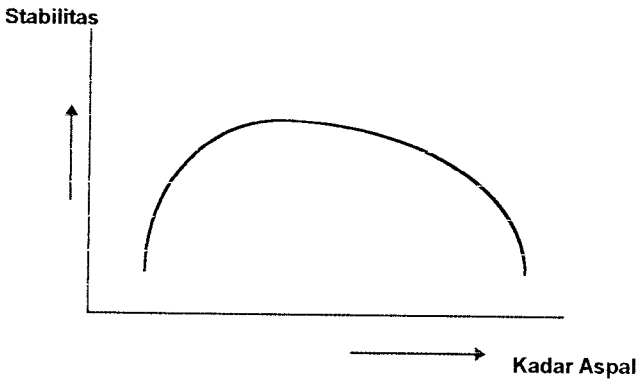
Parutan ban bekas ini dinilai mempunyai sifat elastis dan daya ikat yang kuat yang diharapkan dapat memperkuat campuran aspal.

3.7. Pemeriksaan Campuran Aspal Dengan Cara Metode Marshall

Pemeriksaan campuran aspal dengan cara metode Marshall bermaksud untuk menentukan nilai berikut ini.

3.7.1. Stabilitas

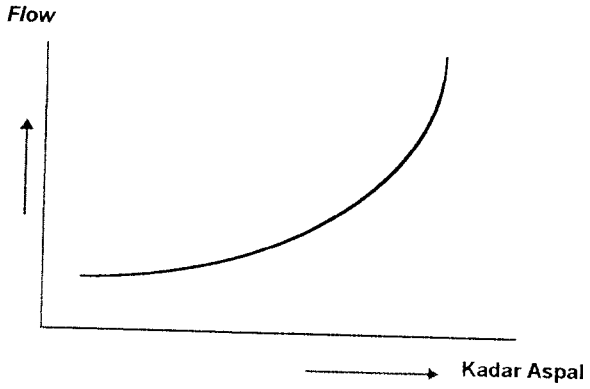
Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum. Grafik nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Grafik Nilai Stabilitas

3.7.2. *FLOW*

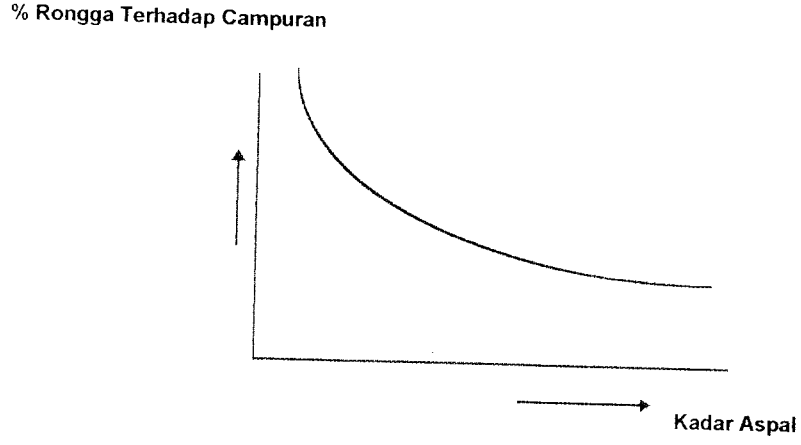
Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelehan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan. Grafik nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Grafik Nilai *Flow*

3.7.3. VITM (*Void in the Total Mix*)

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak (*Silvia Sukirman 1992*). Grafik nilai VITM dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.

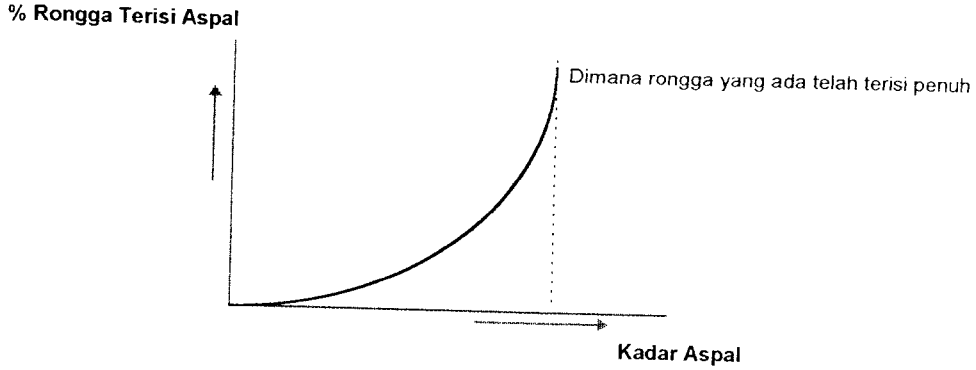


Gambar 3.4. Grafik Nilai VITM

3.7.4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas

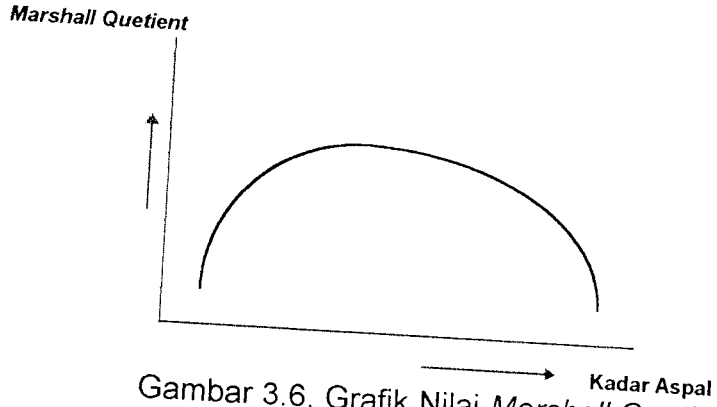
tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya apabila rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum. Grafik nilai VFWA dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5. Grafik Nilai VFWA

3.7.5. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada perencanaan perkerasan dengan metode Marshall digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi didapat berdasar spesifikasi stabilitas dan *flow*. Grafik nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada gambar 3.6. berikut ini.



Gambar 3.6. Grafik Nilai *Marshall Quotient*

3.8. Uji Perendaman Marshall (*Immersion Test*)

Uji perendaman Marshall dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji Marshall standar hanya waktu perendaman dalam suhu konstan 60°C dilakukan selama 24 jam sebelum pembebanan diberikan. Uji ini mengacu kepada AASHTO T.165-82 atau ASTM D.1075-76.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam(S2) dibandingankan dengan nilai stabilitas campuran biasa(S1) adalah

index of retained strength : $\frac{S2 \, x \, 100\%}{S1}$

Apabila Indeks tahanan kekuatan lebih dari atau sama dengan 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

BAB IV
HIPOTESA

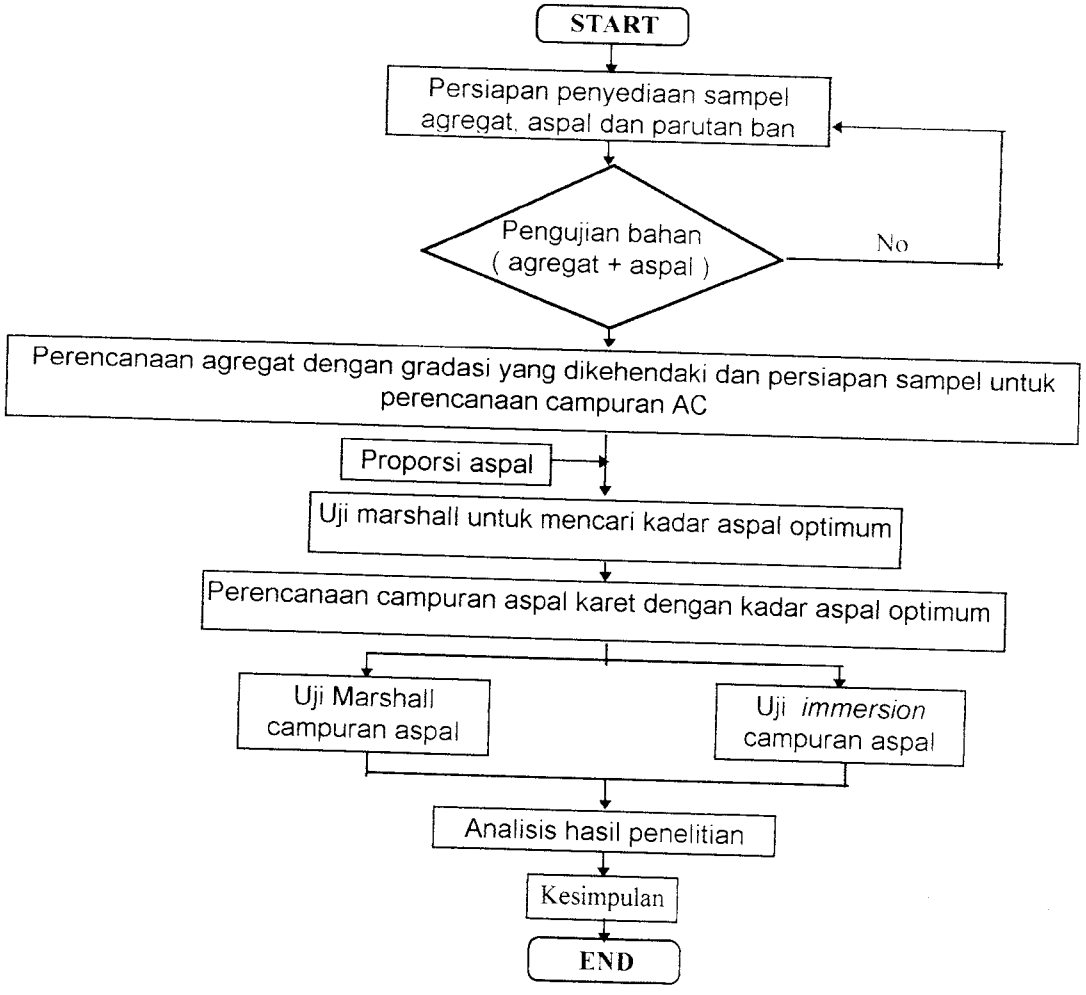
Hipotesa dalam penelitian ini adalah berikut ini.

1. Campuran aspal dengan penambahan parutan ban bekas jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa dapat memperbaiki kinerja perkerasan. Dimana nilai stabilitas, VFWA dan Marshall Quotient akan mengalami peningkatan, sementara nilai *flow* dan VITM akan turun.
2. Campuran aspal dengan penambahan parutan ban bekas masih dapat memenuhi spesifikasi AC.
3. Campuran aspal dengan penambahan parutan ban bekas yang mengalami uji perendaman Marshall memenuhi persyaratan AASHTO T.165-82 atau ASTM D.1075-76 (*Index Of Retained Strength* $\geq$ 75 %).

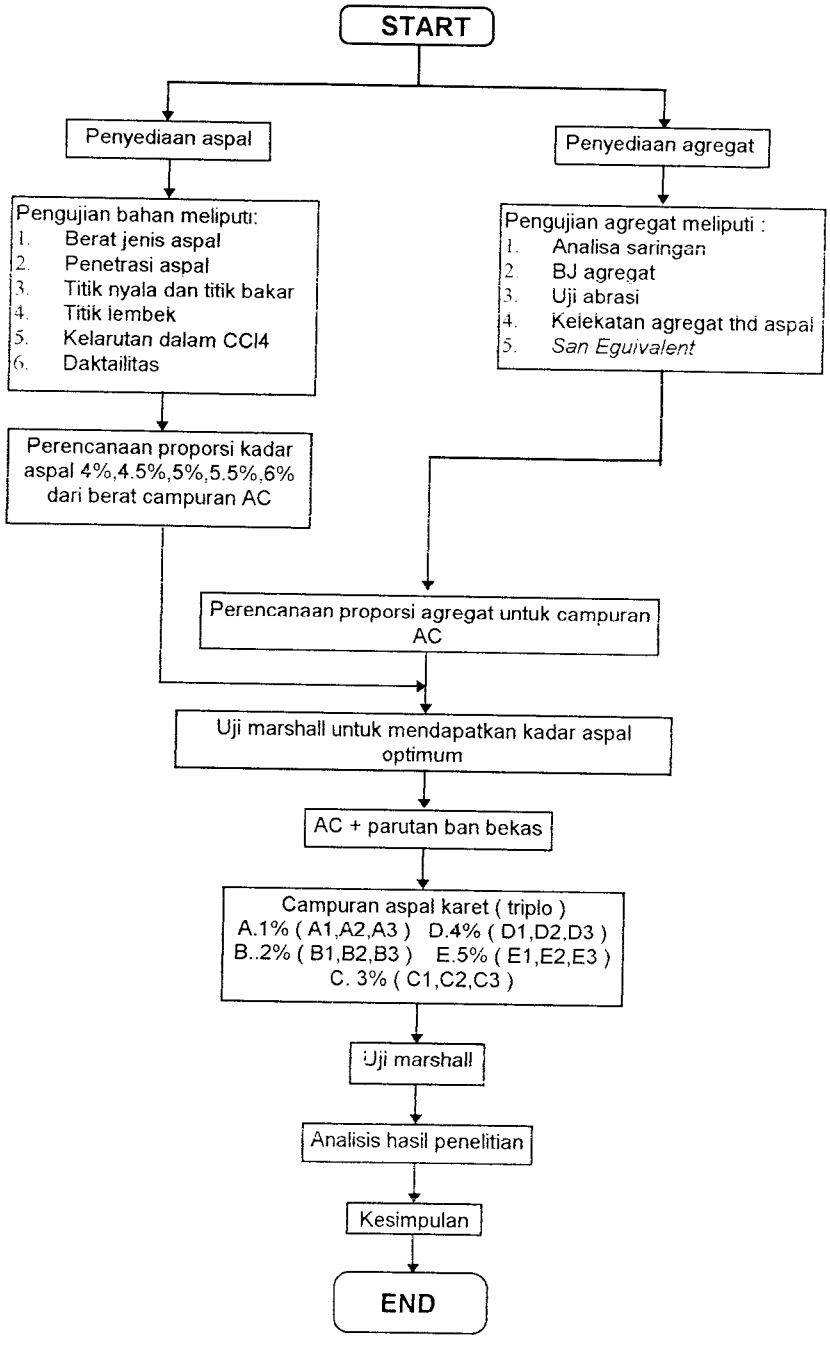
BAB V
METODE PENELITIAN

5.1. Cara penelitian

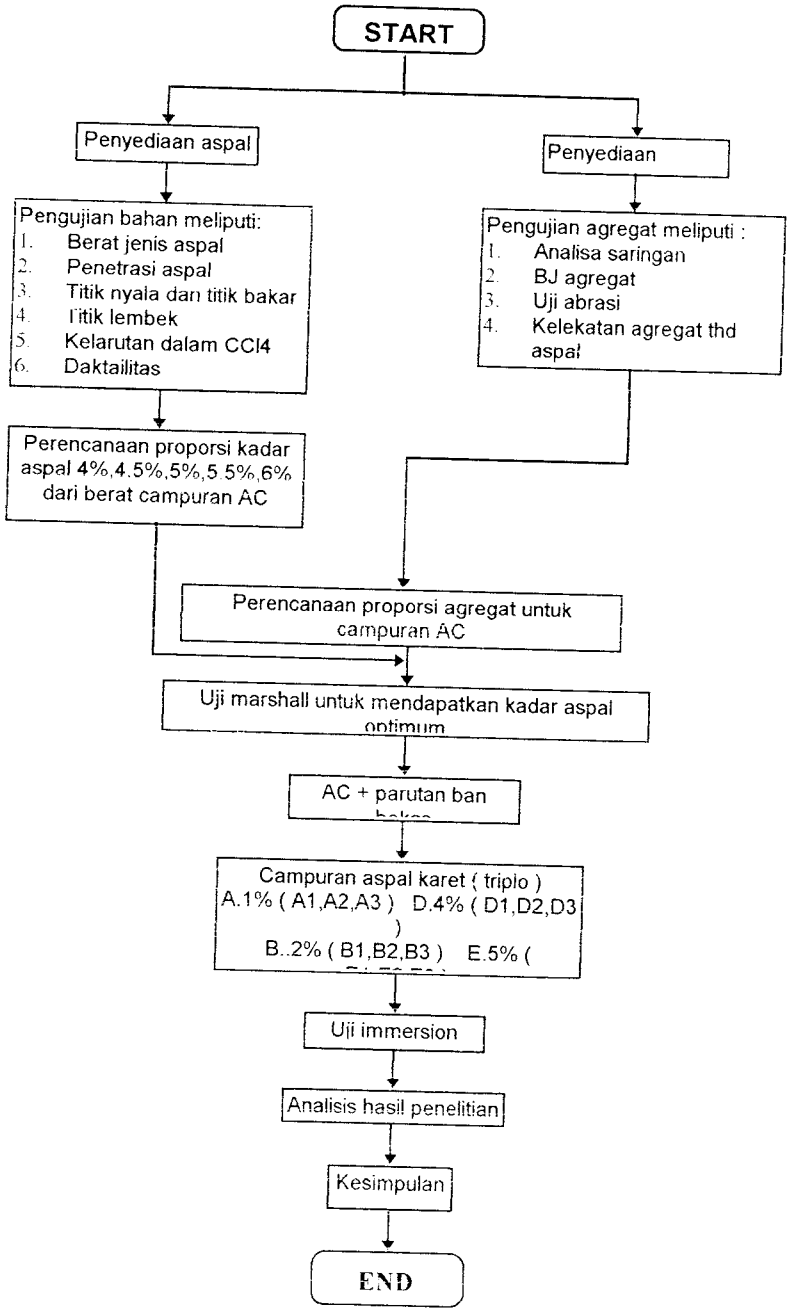
Penelitian ini dilakukan sesuai diagram alur pada gambar 5.1 sampai gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.1. Diagram alur penelitian keseluruhan



Gambar 5.2. Diagram alur penelitian Campuran AC + Parutan ban bekas diuji dengan metode Marshall



Gambar 5.3. Diagram alur penelitian Campuran AC + Parutan ban bekas diuji dengan metode *immersion*

5.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian yang kami lakukan adalah :

1. agregat
2. aspal penetrasi 60 / 70, dan
3. bahan tambah berupa parutan ban bekas.

5.2.1. Asal Bahan

Bahan yang digunakan didapat dari berbagai daerah di jawa tengah dan D.I. Yogyakarta. Untuk agregat kami ambil dari kali Clereng hasil *stone crusher* PT. Gebyar Selo Arthamas yang berada di Nanggulan, Kulon Progo, D.I. Yogyakarta.

Aspal yang kami gunakan adalah aspal penetrasi 60 / 70 yang di peroleh dari PT. Suradi yang berada di Kulonprogo, D.I. Yogyakarta.

Sedangkan bahan tambah yang kami gunakan adalah parutan ban bekas yang di peroleh dari pabrik vulkanisir P.T. Surya Agung Mas, Semarang, Jawa tengah.

5.2.2. Pemeriksaan dan Persyaratan Bahan

5.2.2.1. Pemeriksaan Bahan

Persyaratan teknis bahan menggunakan spesifikasi Bina Marga seperti tertuang dalam buku petunjuk pelaksanaan LASTON no 13/PT/B/ 1983, yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

a. Pemeriksaan Agregat

Agregat merupakan salah satu komponen utama dari lapis perkerasan jalan. Karena merupakan komponen utama maka daya dukung, keawetan dan mutu suatu perkerasan jalan ditentukan juga oleh agregat. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan - pemeriksaan sebagai berikut.

1. Pemeriksaan keausan agregat

Pemeriksaan ini menggunakan mesin *Los Angeles*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan.

2. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan ini adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanan campuran agregat dengan aspal karena umumnya lapis perkerasan direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

3. Pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penyerapan agregat terhadap air (yang diijinkan sebesar $\leq$ 3%). Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga hal ini akan berpengaruh pada daya lekat aspal dengan agregat *(Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1983)*.

4. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.

5. Pemeriksaan *sand equivalent* .

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar debu/bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus/pasir. *Sand equivalent test* dilakukan untuk partikel agregat lolos saringan no 4 sesuai prosedur AASHO T176-73. Nilai yang disyaratkan sebesar $\geq$ 50%. Lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dengan aspal berkurang juga adanya lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah.

b. Pemeriksaan aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan alam yang kemudian diolah oleh PERTAMINA. Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa agar memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan agar dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan jalan. Pemeriksaan aspal yang dilakukan pada aspal adalah sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan penetrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukkan jarum, dengan dibebani berat

tertentu dalam waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76 dan besarnya angka penetrasi yang disyaratkan dalam spesifikasi untuk aspal AC 60/70 adalah antara 60/70.

2. Pemeriksaan tititk lembek (*softening point test*)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan temperatur aspal pada saat mulai mengalami kelembekan atau mencapai tingkat viskositas yang rendah. Hal ini dapat diketahui dengan melihat suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak aspal sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pemeriksaan mengikuti PA-0302-76 dan untuk jenis aspal AC 60/70 titik lembek yang disyaratkan adalah antara 48 - 58°C.

3. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan suhu pada saat terjadi nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Sedangkan titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu pada saat dimana aspal terlihat terbakar singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Syarat minimum pemeriksaan ini menurut prosedur PA-0303-76 adalah 200°C.

4. Pemeriksaan daktalitas

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai keelastisitasan aspal. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara mengukur jarak terpanjang aspal apabila aspal yang diletakkan pada dua cetakan

yang berada pada suhu 25°C ditarik dengan kecepatan 25 mm/detik sampai aspal itu putus. Nilai daktalitas yang disyaratkan oleh prosedur PA-030-76 adalah minimal 100 cm.

5. Pemeriksaan berat jenis aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan menggunakan picnometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara bitumen dan berat air suling dengan isi / volume yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76. Besarnya nilai berat jenis yang disyaratkan minimal 1.

6. Pemeriksaan kelarutan dalam CCL_4

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam *carbon tetra chlorid* . Nilai bitumen yang dapat larut disyaratkan oleh prosedur PA-0305-76 adalah $\geq$ 99%.

5.2.2.2. Persyaratan Bahan

Persyaratan untuk agregat dan aspal yang sesuai spesifikasi Laston NO. 13/PT/B/1983 dapat dilihat pada tabel 5.1 sampai 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.1. Persyaratan pemeriksaan agregat kasar

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1.	Keausan dengan mesin *Los Angeles*	$\leq$ 40%
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq$ 95%
3.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq$ 3.%
4.	Berat jenis agregat kasar	$\geq$ 2,5

Sumber : Laston No13/PT/B/1983

Tabel 5.2. Persyaratan pemeriksaan agregat halus

NO	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1.	Nilai *sand equivalent*	≥ 50%
2.	Peresapan agregat terhadap air	≤ 3%
3.	Berat jenis agregat halus	≥ 2,5

Sumber : Laston No13/PT/B/1983

Tabel 5.3. Persyaratan AC 60 / 70

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1.	Penetrasi (25°C,5 detik)	PA.031-76	60	79	0,1 mm
2.	Titik Lembek	PA.031-76	48	58	°C
3.	Titik Nyala	PA.031-76	200	-	°C
4.	Kelarutan CCl_4	PA.031-76	99	-	% Berat
5.	Daktalitas (25°C, 5cm / menit)	PA.031-76	100	-	Cm
6.	Berat jenis	PA.031-76	1	-	

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lataston No 12/ PT/B/1983,Bina Marga

5.3. Alat Yang Digunakan

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium jalan raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Adapun alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut dibawah ini.

1. Alat tekan Marshall yang terdiri dari :
   a. kepala penekan yang berbentuk silinder,

b. cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001), dan

c. arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.

2. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
3. Ejektor untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan.
4. Oven untuk memanaskan bahan sampai suhu yang diinginkan.
5. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (pound) dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 ").
6. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi pengatur suhu minimum 20 °C.
7. Perlengkapan - perlengkapan lain, seperti :
   a. panci untuk memanaskan bahan dan campuran,
   b. kompor pemanas dengan kapasitas 600 watt,
   c. termometer berkapasitas 400 ° C,
   d. sendok pengaduk,
   e. spatula
   f. timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
   g. sarung tangan karet
   h. kipas angin,
   i. kawat pengaduk bahan tambah, dan

j. perlengkapan lainnya.

5.4. Jalannya Penelitian

5.4.1. Pembuatan campuran

Bahan-bahan untuk penelitian ini yang terdiri dari kombinasi agregat halus, agregat kasar dan aspal haruslah diuji lebih dulu sebelum digunakan untuk campuran aspal. Ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan, apakah memenuhi syarat seperi yang telah ditetapkan atau tidak. Pengujian ini mengacu pada metode AASHTO dan Bina Marga.

Setelah pengujian awal selesai, dilakukan penyaringan setiap jenis agregat dengan saringan sebanyak 9 (sembilan) buah dan pan. Spesifikasi saringan yang dipakai dapat dilihat pada tabel 3.3. kemudian setelah dilakukan penyaringan dilakukan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing - masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditentukan dalam spesifikasi.

Pada penelitian ini dibuat 45 benda uji dengan perincian 15 benda uji untuk campuran aspal untuk mencari kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 4%, 4.5%, 5%, 5.5% dan 6%. 15 benda uji digunakan untuk campuran aspal karet dengan variasi penambahan parutan ban bekas 1% sampai 5 % dan 15 benda uji digunakan untuk campuran aspal karet dengan variasi penambahan parutan ban bekas 1% sampai 5% yang direndam selama 24 jam. Aspal yang digunakan penetrasi 60/70. Tiap -

tiap variasi dibuat 3 benda uji (triplo) dan tiap variasi diberi penomoran A, B, dan C.

Jumlah berat campuran untuk masing - masing benda uji sebesar 1200 gram. Untuk berat masing berat agregat dan aspal tergantung variasi yang kadar aspal yang dipakai. Hitungan berat agregat dan kadar aspal dapat dilihat pada lampiran 13.

5.4.1.1. Campuran aspal biasa

Pada penelitian ini ada dua pola pencampuran. Yang pertama pola pencampuran untuk mencari kadar aspal optimum. Agregat yang telah siap kemudian dipanaskan dengan pemanasan 140 °C. Pemanasan yang dilakukan sebisa mungkin dilakukan pemanasan yang merata. Setelah agregat panas campurkan aspal yang telah dipanaskan dengan suhu 140 °C yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Setelah agegat dan aspal bercampur kemudian lakukan pengadukan sampai campuran tersebut merata. Sementara itu disiapkan cetakan benda uji yang sebelumnya telah dibersihkan dari kotoran, beri sedikit paselin dan panaskan cetakan benda uji didalam oven dengan maksud agar penurunan suhu campuran tidak terlalu cepat. Setelah campuran tersebut mencapai suhu 140 °C dan agregat dan aspal bercampur merata masukan campuran tersebut kedalam cetakan benda uji. Setiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam benda uji ditusuk-tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak $\pm$ 15 kali bagian tepi dan 10 kali bagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Selanjutnya

benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 75 kali (bolak - balik) sehingga untuk satu benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai benda uji didinginkan dengan bantuan kipas angin, hal dimaksudkan agar pendinginan dapat lebih cepat. Kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut ejektor. Kemudian dilakukan serangkaian pengujian.

5.4.1.2. Campuran aspal karet

Sedangkan untuk pola kedua yang menggunakan bahan tambah kupasan ban bekas dilakukan pola yang berbeda. Aspal dipanaskan pada suhu 140 °C. Kemudian aspal ditimbang sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Setelah itu campurkan kupasan ban bekas yang lolos saringan # NO 20 kedalam aspal yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan kemudian dipanaskan sampai aspal dan kupasan ban bekas bercampur merata. Sementara itu agregat dipanaskan sampai suhu mencapai 140 °C. Setelah itu campurkan agregat dengan aspal yang telah dicampur dengan kupasan ban bekas yang kemudian diaduk merata sampai mencapai suhu pencampuran 140 °C. Setelah itu campuran tersebut dimasukan kedalam cetakan benda uji. Setiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam benda uji ditusuk - tusuk dengan menggunakan spatula sebanyak $\pm$ 15 kali bagian tepi dan 10 kali bagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Selanjutnya benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk

sebanyak 75 kali (bolak - balik) sehingga untuk satu benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai benda uji didinginkan dengan bantuan kipas angin, hal dimaksudkan agar pendinginan dapat lebih cepat. Kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan alat bantu yang disebut ejektor. Kemudian dilakukan serangkaian pengujian.

5.4.2. Cara Melakukan Pengujian

Pengujian terhadap campuran dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara seperti berikut ini.

5.4.2.1. Pengujian Marshall standar

Pengujian yang dilakukan menggunakan metode Marshall seperti cara-cara dibawah ini.

a. Benda uji dibersihkan dari bahan yang mudah lepas.
b. Benda uji diberi tanda pengenal.
c. Mengukur tinggi benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata - rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
d. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
e. Direndam di dalam air selama 20-24 jam agar benda uji menjadi jenuh air
f. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang di dalam air.
g. Benda uji dilap permukaanya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).

h. Benda uji di rendam di dalam *water bath* dengan suhu 60 °C selama 30 menit.

i. Kepala penekan benda uji dibersihkan dahulu dan permukaan diberi paselin untuk memudahkan melepas benda uji.

j. Arloji kelelehan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun.

k. Kepala penekan benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.

l. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.

m. Setelah pembebanan selesai benda uji dikeluarkan dari alat uji.

n. Hasil dapat diketahui dari proses penghitungan selanjutnya.

5.4.2.2. Pengujian rendaman Marshall *(Immersion test)*

Uji yang dilakukan hampir sama dengan uji Marshall standar, yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan di dalam *water bath.* Pada uji rendaman Marshall lama perendaman 24 jam dengan suhu 60°C. Adapun cara pengujian adalah sebagai berikut ini.

a. Benda uji dibersihkan dari bahan yang mudah lepas.

b. Benda uji diberi tanda pengenal.

c. Mengukur tinggi benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata - rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.

d. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.

e. Direndam di dalam air selama 20-24 jam agar benda uji menjadi jenuh air

f. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang di dalam air.

g. Benda uji dilap permukaanya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).

h. Benda uji direndam di dalam *water bath* dengan suhu 60 °C selama 24 jam.

i. Kepala penekan benda uji dibersihkan dahulu dan permukaan diberi paselin untuk memudahkan melepas benda uji.

j. Arloji kelelehan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun.

k. Kepala penekan benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.

l. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.

m. setelah pembebanan selesai benda uji dikeluarkan dari alat uji.

n. Hasil dapat diketahui dari proses penghitungan selanjutnya.

5.5. Anggapan Dasar

Yang akan diteliti pada penelitian ini adalah nilai stabilitas, *flow*, VFWA, VITM, *Marshall Quotient* campuran biasa, campuran aspal karet yang direndam selama 30 menit dan 24 jam.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, dianggap bahwa pengaruh peralatan yang digunakan selama berlangsungnya penelitian dan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau diabaikan, sedangkan bahan - bahan penelitian seperti agregat dan aspal dalam keadaan yang sama, maksudnya bahwa kualitas bahan dianggap baik

5.6. Analisa Hitungan

Data yang akan digunakan langsung dalam analisis dan diperoleh dari hasil percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

1. berat campuran sebelum direndam air (gram),
2. berat dalam keadaan jenuh air (gram),
3. berat dalam air (gram),
4. tebal benda uji (mm),
5. pembacaan arloji stabilitas (lbs), dan
6. kelelehan atau *flow* (mm).

Untuk memperoleh nilai-nilai VITM (persen rongga dalam campuran), VFWA (persen rongga terisi aspal), stabilitas, *flow* (kelelehan), diperlukan data antara lain :

a. berat jenis aspal, dan

b. berat jenis agregat.

Pembagian persentase masing-masing agregat adalah sebagai berikut :

1. agregat kasar (tertahan saringan No. 8), dan
2. agregat halus (lolos saringan No. 8).

Berat jenis gabungan agregat halus dengan agregat kasar adalah sebagai berikut ;

$$\text{berat jenis agregat} = \frac{100}{\frac{\%\ \text{agregat kasar}}{\text{Bj agregat kasar}} + \frac{\%\ \text{agregat halus}}{\text{Bj agregat halus}}}$$

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

VFWA didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung nilai - nilai dari :

a. persentase aspal terhadap campuran dengan rumus :

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

b. Isi benda uji dengan rumus :

$$f = d - e$$

dengan :

d = berat dalam keadaan jenuh (SSD)

e = berat dalam air (gram)

f = isi (ml)

c. berat isi benda uji dengan rumus :

$$g = \frac{c}{f}$$

dengan :

c = berat benda uji (gram) sebelum direndam

f = isi (ml)

g = berat isi benda uji

d. persentase rongga terhadap agregat dengan rumus :

$$l = 100 - j$$

$$j = \frac{(100 - b)\, g}{BJ\ agregat}$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ\ agregat}$$

dari rumus diatas maka dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$\textbf{VFWA} = 100 \times \frac{i}{l}$$

dengan :

l = persen rongga terhadap terhadap agregat

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

Dihitung berat jenis maksimum teoritis :

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

$$k = (100 - i - j)$$

$$N = 100 - (100 \times \frac{G}{H})$$

dengan :

k = jumlah kandungan rongga

N = rongga yang terisi campuran (**VITM**)

3. Nilai Stabilitas

Angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan marshall. Angka stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi alat dan koreksi ketebalan benda uji. Untuk ini digunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji. Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus :

Nilai Stabilitas = Q x P

dengan :

Q = koreksi tinggi/ tebal tebal benda uji

P = nilai pembacaan arloji stabilitas

4. Nilai Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji kelelehan (*flow meter*) yang menyatakan besarnya deformasi benda uji dalam yang kemudian dikalikan dengan angka koreksi 0,254.

5. Nilai *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* didapat dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan *flow*

$$MQ = \frac{\text{stabilitas}}{\textit{flow}}$$

5.7. Reduksi Data

Reduksi data adalah pembuangan data karena data tersebut tidak dapat dipakai. Reduksi data dilakukan apabila ada data-data dari hasil pengujian yang menyimpang.

BAB VI
HASIL PENELITIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

6.1. Hasil Penelitian

6.1.1. Hasil Pemeriksaan Bahan

Dari hasil serangkaian penelitian bahan yang akan digunakan yang meliputi agregat halus dan agregat kasar serta aspal penetrasi 60/70 didapat hasil sebagai berikut seperti tabel 6.1.dibawah ini.

Tabel 6.1 Hasil pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil
1.	Keausan dengan mesin *Los Angeles*	≤ 40%	20,87%
2.	Kelekatan terhadap aspal	≥ 95%	98%
3.	Penyerapan agregat	≤ 3%	0,94%
4.	Berat jenis agregat	≥ 2,5	2,628%

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

Tabel 6.2 Hasil pemeriksaan agregat halus

No (1)	Jenis pemeriksaan (2)	Syarat (3)	Hasil (4)
1.	Nilai *sand equivalent*	≥ 50%	73,231 %

Lanjutan tabel 6.2

(1)	(2)	(3)	(4)
2.	Penyerapan agregat	≤ 3%	2,04%
3.	Berat jenis	≥ 2,5%	2.663%

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

Tabel 6.3 Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70

No	Jenis pemeriksaan	Min	Maks	Satuan	Hasil
1.	Penetrasi	60	70	0.1mm	65,15
2.	Titik lembek	48	58	° C	57,5
3.	Titik nyala	200	-	° C	335
4.	Titik bakar	200	-	° C	360
5.	Daktalitas	100	-	cm	> 140
6.	Berat jenis	1	-		1,081
7.	Kelarutan dalam CCL_4	99	-	%	99,58

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

Dari hasil pemeriksaan bahan yang digunakan didapat bahwa bahan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal AC penetrasi 60/70 memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga sehingga dapat digunakan untuk campuran aspal.

Hasil diatas merupakan rekapitulasi untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 1 sampai dengan lampiran 12.

6.1.2. Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal

Dari hasil pemeriksaan terhadap campuran aspal diperoleh nilai - nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, dan *Marshall Quotient*.

Nilai - nilai ini didapat dari hitungan dan pembacaan arloji pada saat pengujian Marshall. Pada penelitian ini didapat tiga macam hasil pemeriksaan yaitu seperti dibawah ini.

6.1.2.1. Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal Tanpa Bahan Tambah

Hasil pemeriksaan campuran aspal tanpa bahan tambah yang diperoleh dari uji Marshall dapat dilihat pada tabel 6.4.

Tabel 6.4. Hasil uji Marshall untuk campuran aspal tanpa parutan ban bekas

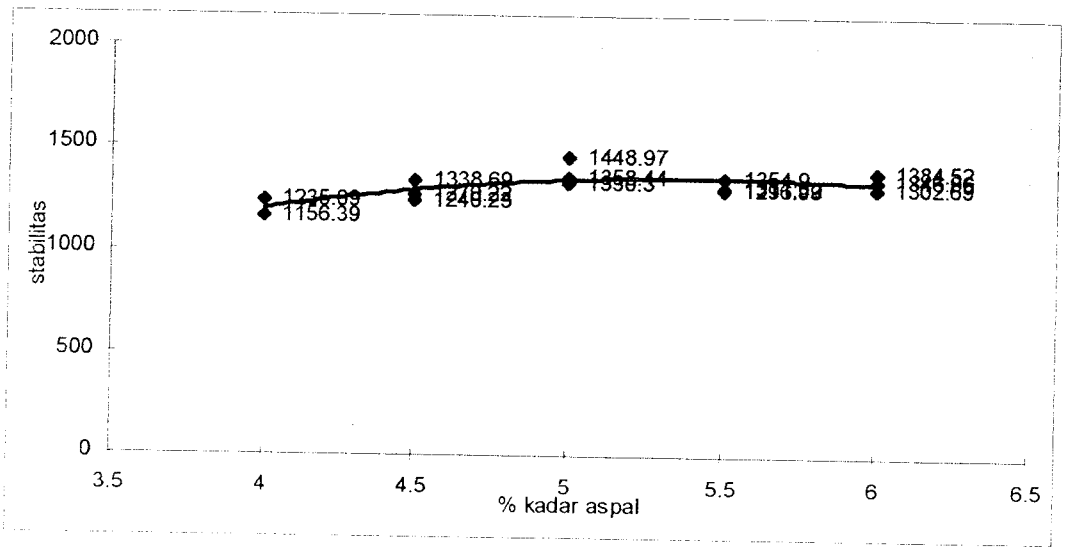
No. (1)	Kadar Aspal (2)	Stabilitas (3)	*Flow* (4)	VITM (5)	VFWA (6)	MQ (7)
1.	4% (A)	2616.58	5.08	4.231	67.72	515.0743
	4% (B)	1156.39	3.302	6.947	55.39	350.2078
	4% (C)	1235.09	3.048	5.330	62.21	405.2119
2.	4.5% (A)	1240.23	3.556	6.906	58.27	348.7704
	4.5% (B)	1338.69	3.302	5.543	63.83	405.4174
	4.5% (C)	1270.22	2.54	6.729	58.94	500.0866
3.	5% (A)	1358.44	3.81	4.977	68.58	356.546
	5% (B)	1330.30	3.81	4.847	69.17	349.1598
	5% (C)	1448.97	3.556	4.673	69.98	407.4731
4.	5.5% (A)	1354.90	3.81	4.004	74.96	355.6171

Lanjutan tabel 6.4

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
4.	5.5% (B)	1296.99	4.064	4.179	74.11	319.1401
	5.5% (C)	1311.52	3.81	3.818	75.88	344.2307
5.	6% (A)	1346.06	4.318	3.749	77.65	311.7318
	6% (B)	1384.52	5.08	3.665	78.05	272.5426
	6% (C)	1302.69	4.572	3.445	79.13	284.928

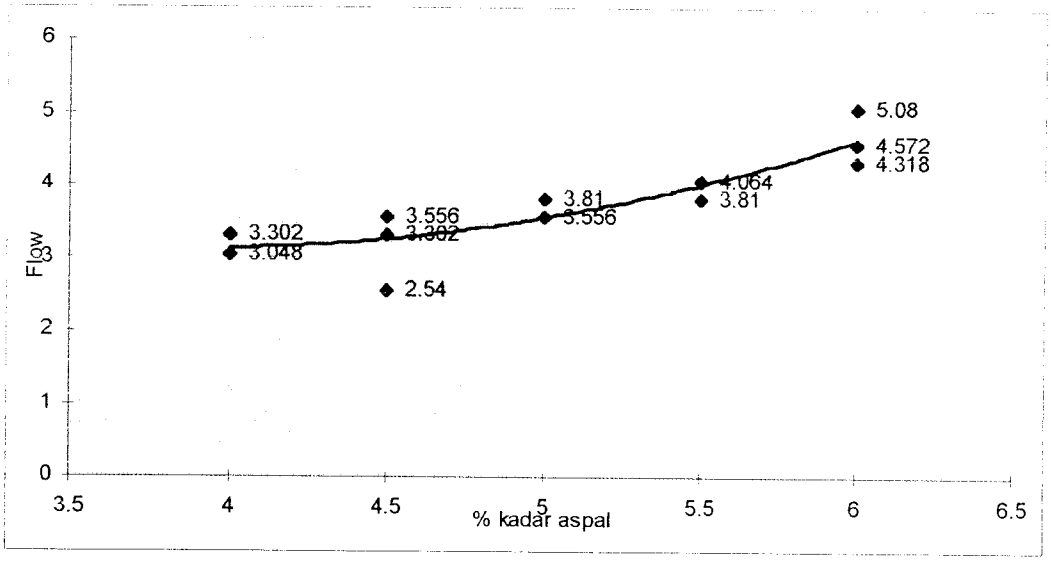
Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

Pembuatan grafik menggunakan metode regresi. Grafik nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA dan *Marshall Quotient* dari campuran dengan variasi penambahan kadar aspal 4%,4.5%,5%,5.5%,dan 6% dari berat campuran dapat dilihat pada gambar 6.1 sampai gambar 6.5 berikut ini.

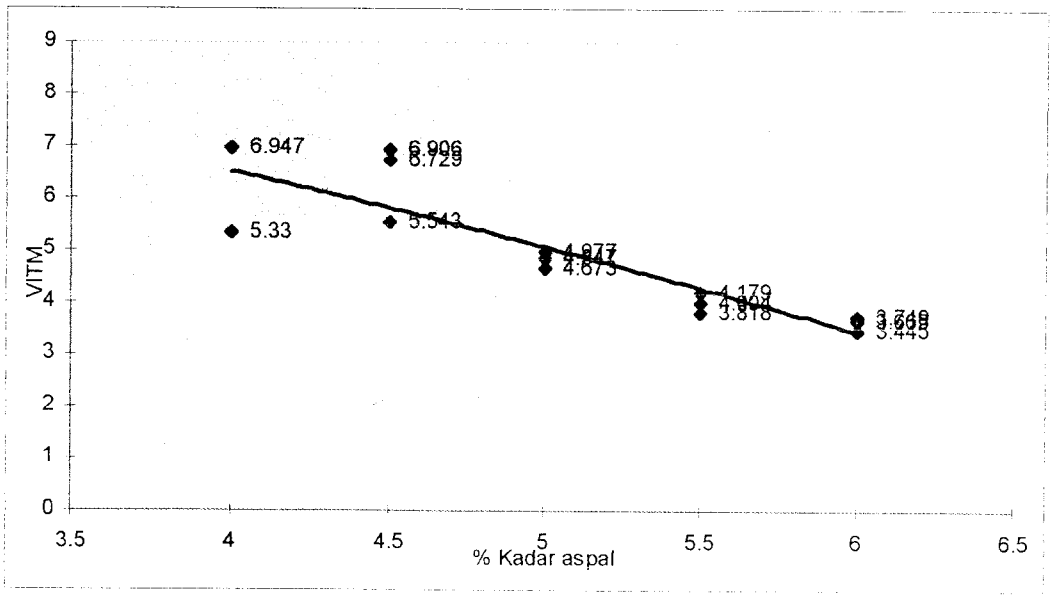


Gambar 6.1. Grafik hubungan antara nilai stabilitas campuran aspal dengan persen penambahan kadar aspal

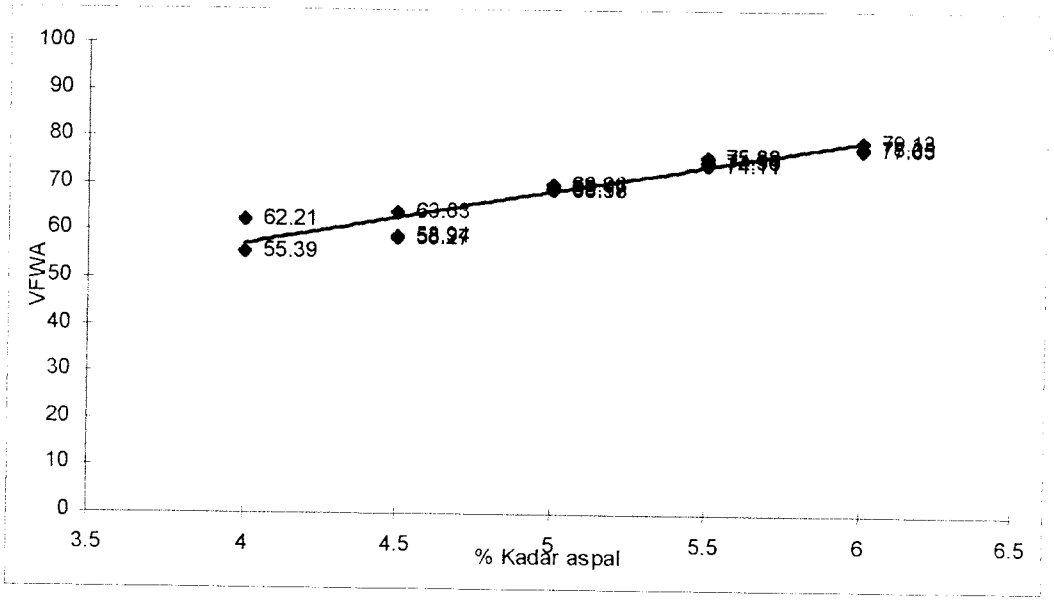
Pada penambahan kadar aspal 4% (A) dilakukan reduksi, hal ini disebabkan masih bercampurnya aspal yang digunakan dengan aspal sisa yang masih berada dalam wajan.



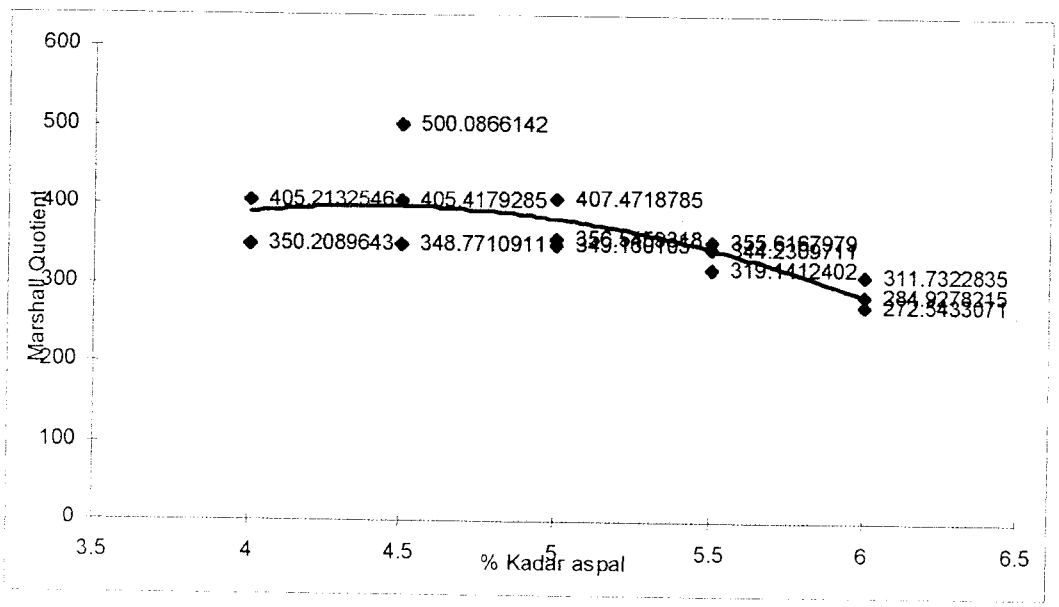
Gambar 6.2. Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan kadar aspal



Gambar 6.3. Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan kadar aspal



Gambar 6.4. Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan kadar aspal



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

Kemudian setelah didapat data diatas dilakukan penghitungan kadar aspal optimum yang mengacu kepada persyaratan Bina Marga yang tertera sesuai tabel 6.5.

Tabel 6.5. Spesifikasi campuran AC

No	Jenis Pemeriksaan	Lalu Lintas Berat
1	Stabilitas (kg)	750
2	*Flow* / Kelelahan (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 5
4	VFWA (%)	75 - 82
5	*Marshall Quotient* (kg / mm)	200 - 500

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston No 13 / PT / B / 1987

Kadar aspal optimum didapat dengan menggunakan tabel 6.6 dibawah ini.

Tabel 6.6. Kadar aspal optimum

karakteristik	4%	4.5%	5%	5.5%	6%
Stabilitas (kg)					
Flow (mm)					
VITM (%)					
VFWA (%)					
MQ (kg/mm)					

Dari tabel diatas didapat kadar aspal optimum pada penambahan aspal sebanyak **5,5 %** dari berat campuran. Selanjutnya pada laporan ini campuran aspal optimum disebut campuran aspal biasa.

6.1.2.2. Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal Karet

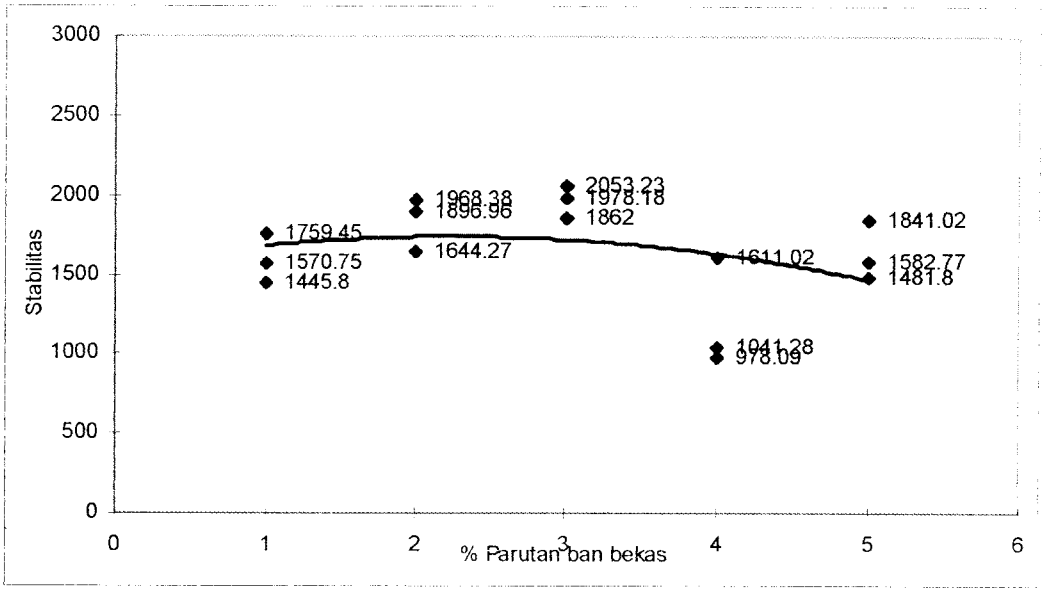
Hasil pemeriksaan campuran aspal karet dapat dilihat pada tabel 6.7.

Tabel 6.7 Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet

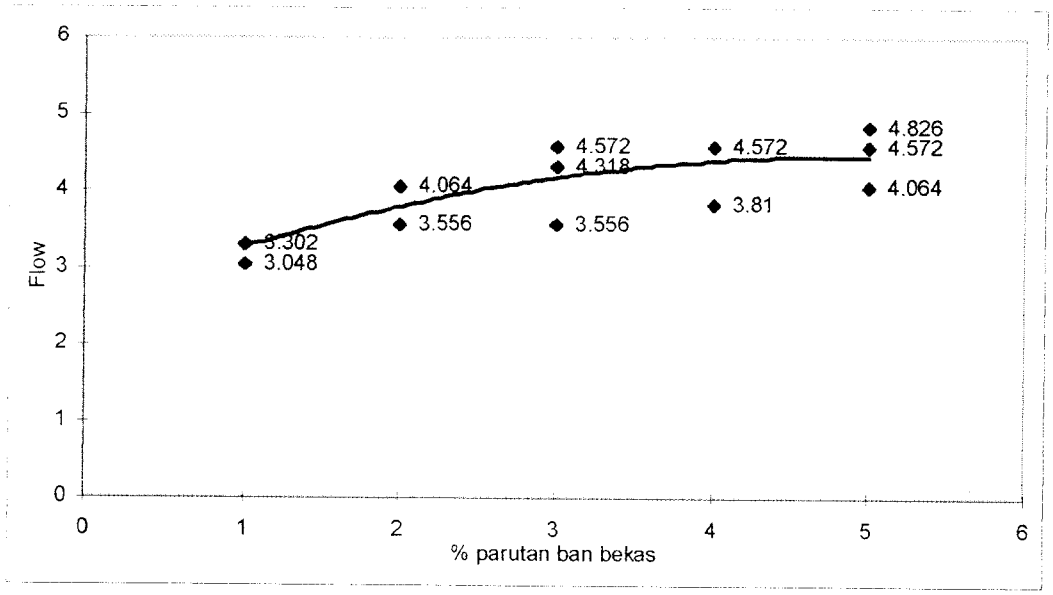
No.	Parutan ban bekas	Stabilitas	*Flow*	VITM	VFWA	MQ
1.	1% (A)	1445.8	3.302	5.142	69.73	437.856
	1% (B)	1759.45	3.302	4.685	71.76	532.844
	1% (C)	1570.75	3.048	4.685	71.76	515.338
2.	2 % (A)	1644.27	3.556	4.167	74.17	462.393
	2 % (B)	1968.38	4.064	4.496	72.62	484.346
	2 % (C)	1896.96	4.064	4.414	73	466.772
3.	3 % (A)	1978.18	3.556	4.224	73.9	556.294
	3 % (B)	2053.23	4.318	4.057	74.7	475.505
	3 % (C)	1862	4.572	3.952	75.22	407.262
4.	4 % (A)	978.09	4.572	3.928	75.33	213.930
	4 % (B)	1611.02	4.572	3.655	76.7	352.367
	4 % (C)	1041.28	3.81	4.147	74.27	273.302
5.	5 % (A)	1841.02	4.064	3.382	78.11	453.007
	5 % (B)	1582.77	4.572	3.567	77.15	346.118
	5 % (C)	1481.8	4.862	3.24	78.86	307.045

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

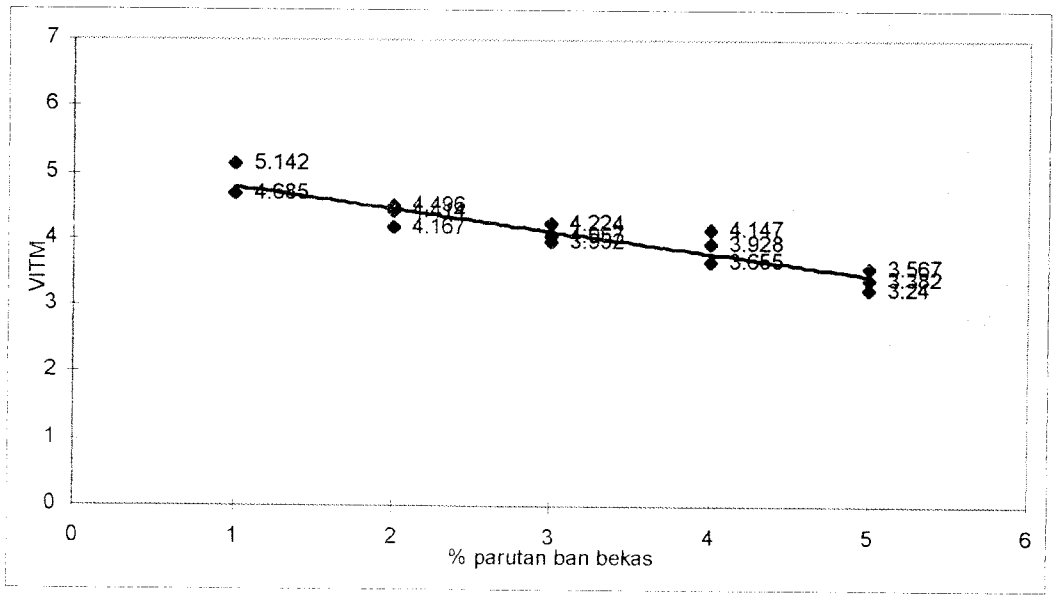
Dalam pembuatan grafik dilakukan dengan metode regresi. Grafik hubungan nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA dan *Marshall Quotient* dari campuran dengan variasi penambahan parutan ban bekas sebanyak 1% sampai 5% dari berat aspal dapat dilihat pada gambar 6.6 sampai gambar 6.10 dibawah ini.



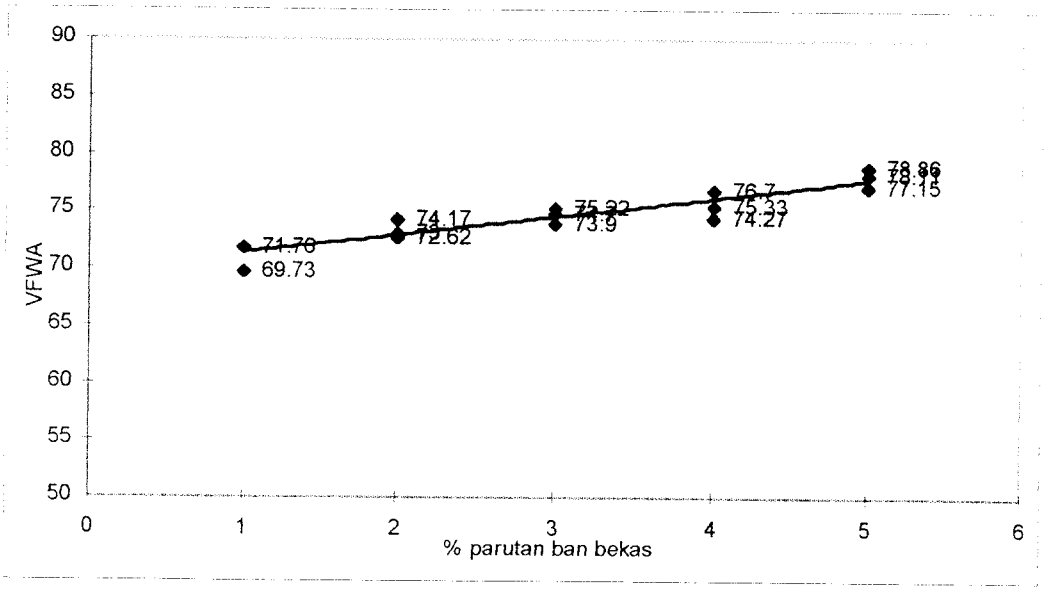
Gambar 6.6. Grafik hubungan antara nilai stabilitas dengan persen penambahan parutan ban bekas



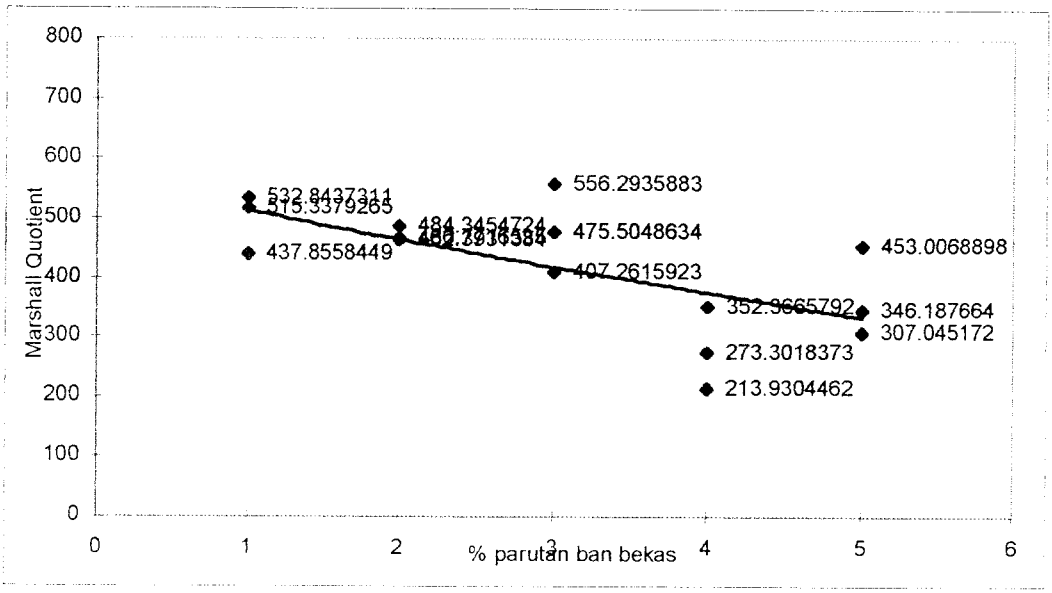
Gambar 6.7. Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan parutan ban bekas



Gambar 6.8. Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan parutan ban bekas



Gambar 6.9. Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan parutan ban bekas



Gambar 6.10. Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* dengan persen penambahan parutan ban bekas

Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet sesuai grafik di atas dapat dilihat pada tabel 6.8.

Tabel 6.8.Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet sesuai grafik

No.	Parutan ban bekas	Stabilitas	*Flow*	VITM	VFWA	MQ
1.	1%	1681.25	3.263	4.788	71.32	540.40
2.	2%	1738.94	3.795	4.446	72.85	462.14
3.	3%	1722.17	4.170	4.110	75.22	416.42
4.	4 %	1630.94	4.388	3.780	76.07	373.24
5.	5 %	1465.25	4.449	3.457	77.75	332.60

6.1.2.3. Hasil Pemeriksaan Campuran Aspal Karet Dengan Rendaman

Hasil pemeriksaan campuran aspal karet yang mengalami rendaman selama 24 jam dapat dilihat pada tabel 6.9.

Tabel 6.9 Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet yang direndam 24 jam

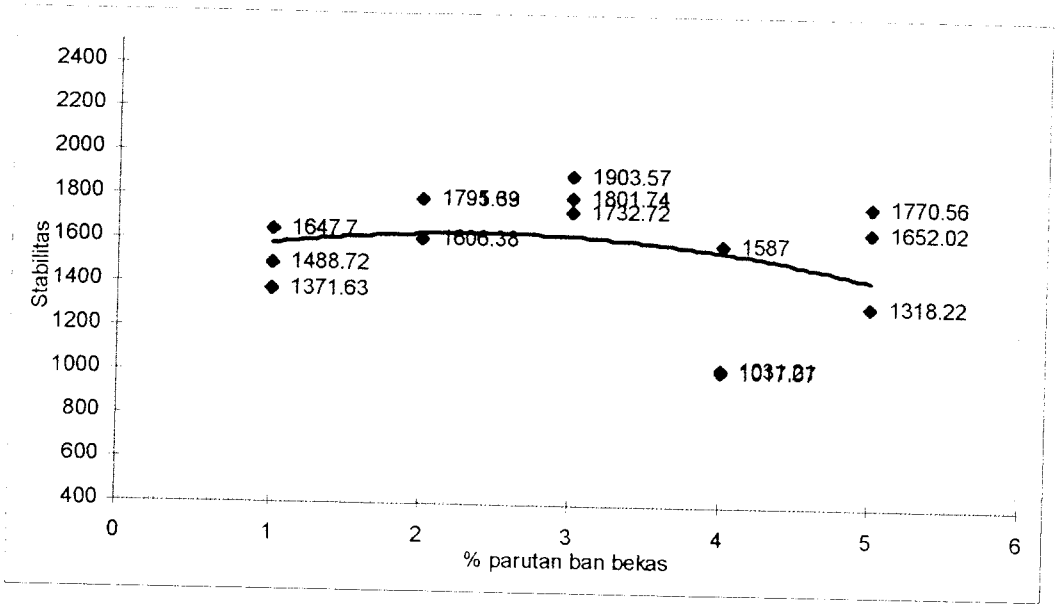
No. (1)	Parutan ban bekas (2)	Stabilitas (3)	*Flow* (4)	VITM (5)	VFWA (6)	MQ (7)
1.	1% (A)	1371.63	3.048	4.820	71.15	450.010
	1% (B)	1488.72	3.810	4.686	71.80	390.740
	1% (C)	1647.70	3.556	4.632	72.00	463.358
2.	2 % (A)	1606.38	4.064	4.442	72.90	395.271
	2 % (B)	1791.69	4.572	4.333	73.40	391.883
	2 % (C)	1795.33	4.064	4.333	73.40	441.764

lanjutan tabel 6.9

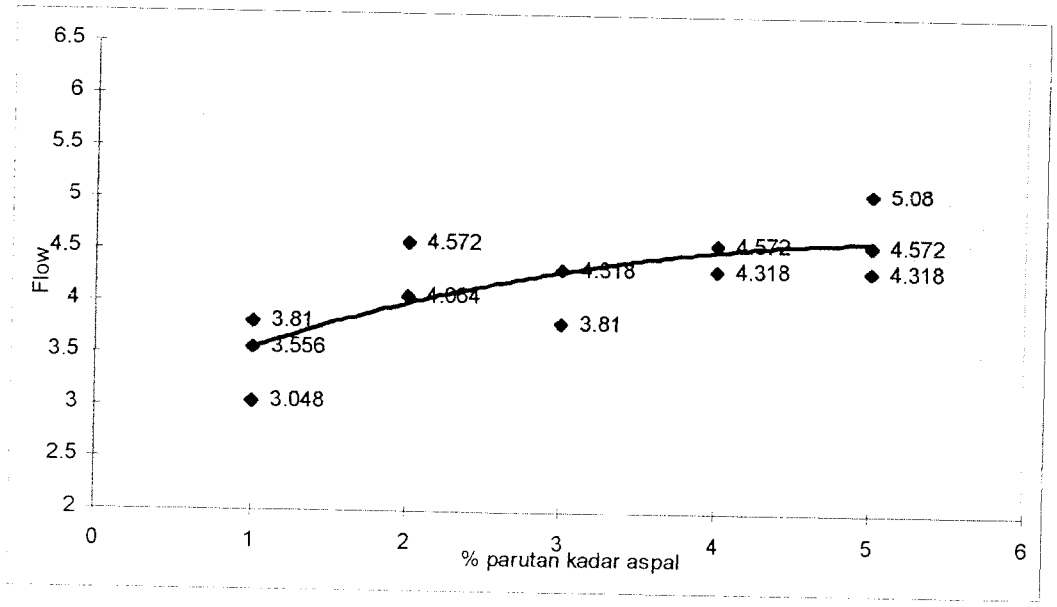
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3.	3 % (A)	1801.74	3.318	4.090	74.50	417.263
	3 % (B)	1903.57	3.318	4.119	74.40	440.845
	3 % (C)	1732.72	3.810	4.119	74.40	454.782
4.	4 % (A)	1031.21	4.572	3.574	77.11	225.549
	4 % (B)	1587.00	4.318	3.219	78.97	367.531
	4 % (C)	1017.07	4.572	3.766	76.14	222.463
5.	5 % (A)	1770.56	5.080	3.198	79.08	348.535
	5 % (B)	1652.02	4.572	3.847	75.17	361.334
	5 % (C)	1318.22	4.318	3.219	78.97	305.285

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium Jalan Raya UII - Yogyakarta

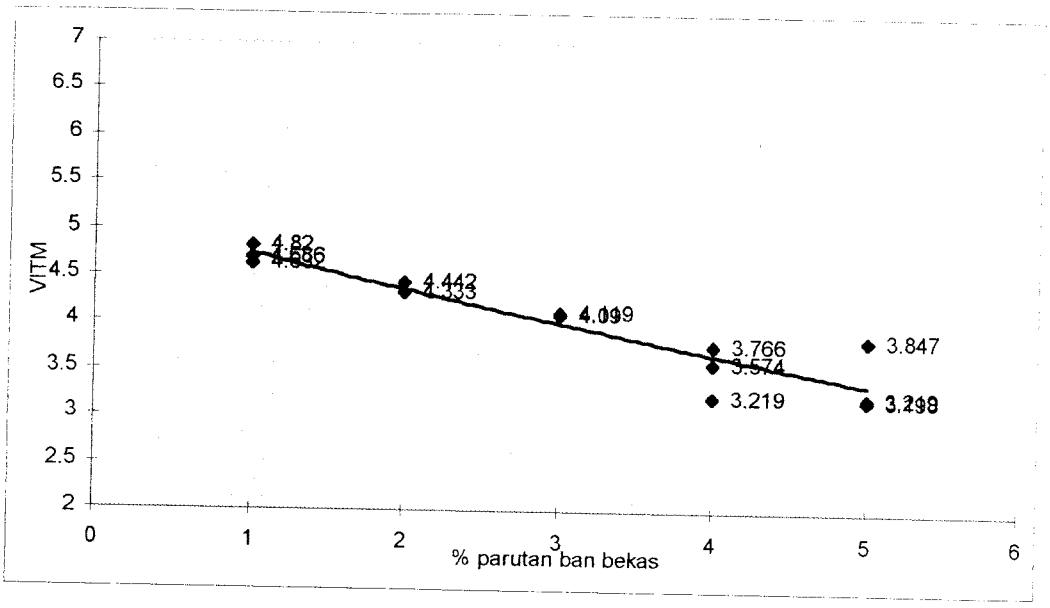
Dalam pembuatan grafik dilakukan dengan metode regresi. Grafik hubungan nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA dan *Marshall Quotient* dari campuran dengan variasi penambahan parutan ban bekas sebanyak 1% sampai 5% dari berat aspal yang direndam selama 24 jam dapat dilihat pada gambar 6.11 sampai gambar 6.15 berikut ini.



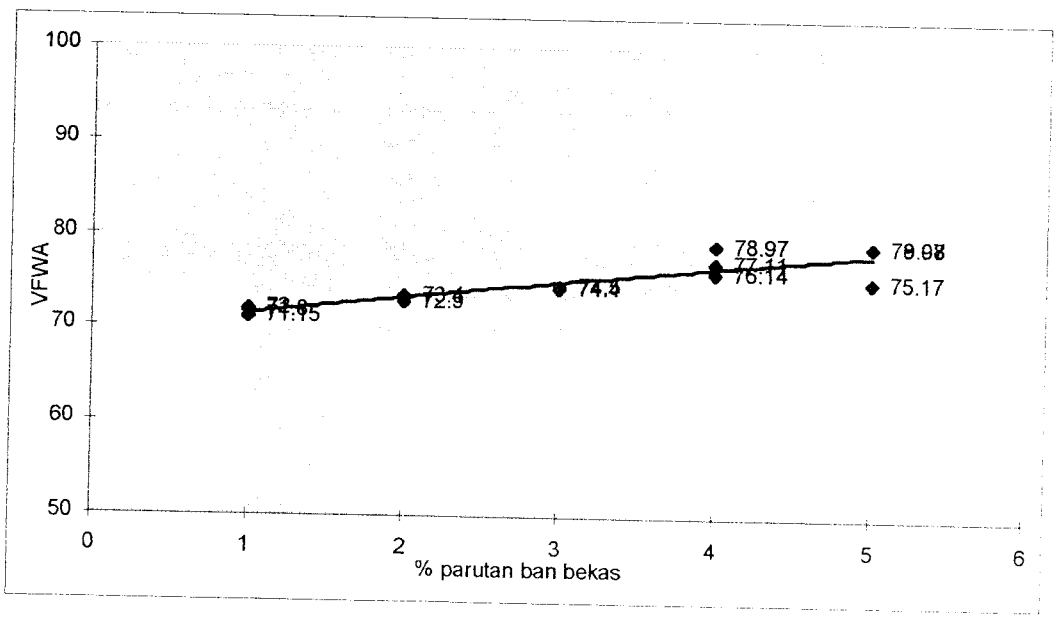
Gambar 6.11. Grafik hubungan antara nilai stabilitas dengan persen penambahan parutan ban bekas ; direndam selama 24 jam



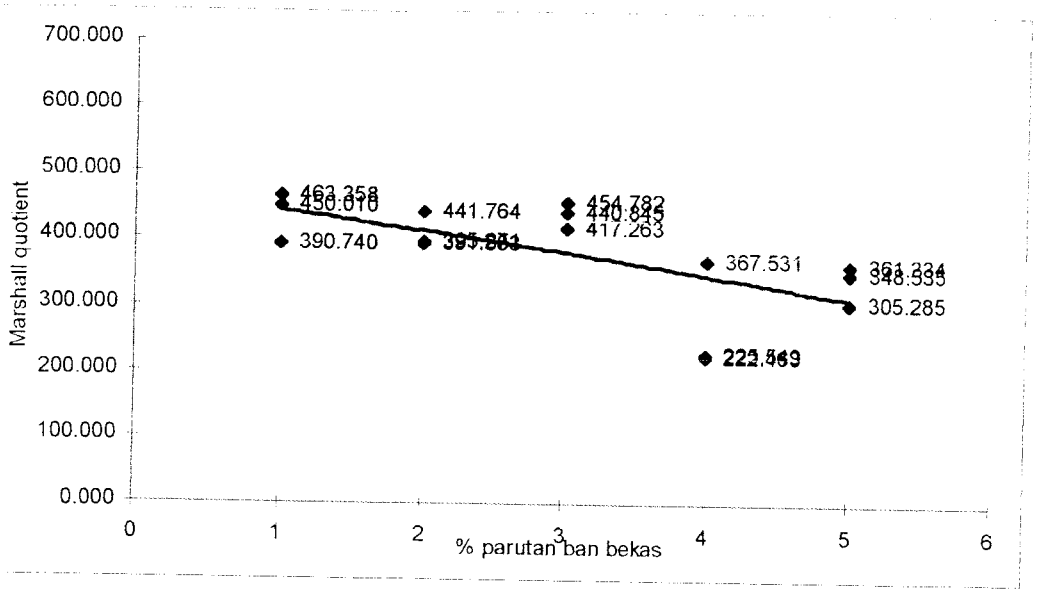
Gambar 6.12. Grafik hubungan antara nilai *flow* dengan persen penambahan parutan ban bekas ; direndam selama 24 jam



Gambar 6.13. Grafik hubungan antara nilai VITM dengan persen penambahan parutan ban bekas ;direndam selama 24 jam



Gambar 6.14. Grafik hubungan antara nilai VFWA dengan persen penambahan parutan ban bekas ; direndam selama 24 jam



Gambar 6.15. Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* dengan persen penambahan parutan ban bekas ; direndam selama 24 jam

Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam sesuai grafik diatas dapat dilihat pada tabel 6.10.

Tabel 6.10 Hasil uji Marshall untuk campuran aspal karet rendaman 24 jam sesuai grafik

No.	Parutan ban bekas	Stabilitas	*Flow*	VITM	VFWA	MQ
1.	1%	1583.07	3.566	4.736	71.52	443.01
2.	2%	1632.86	4.064	4.358	73.31	413.75
3.	3%	1625.17	4.308	4.004	74.99	354.47
4.	4 %	1560.02	4.517	3.623	76.58	355.21
5.	5 %	1437.37	4.616	3.364	78.06	325.94

6.2. Pembahasan

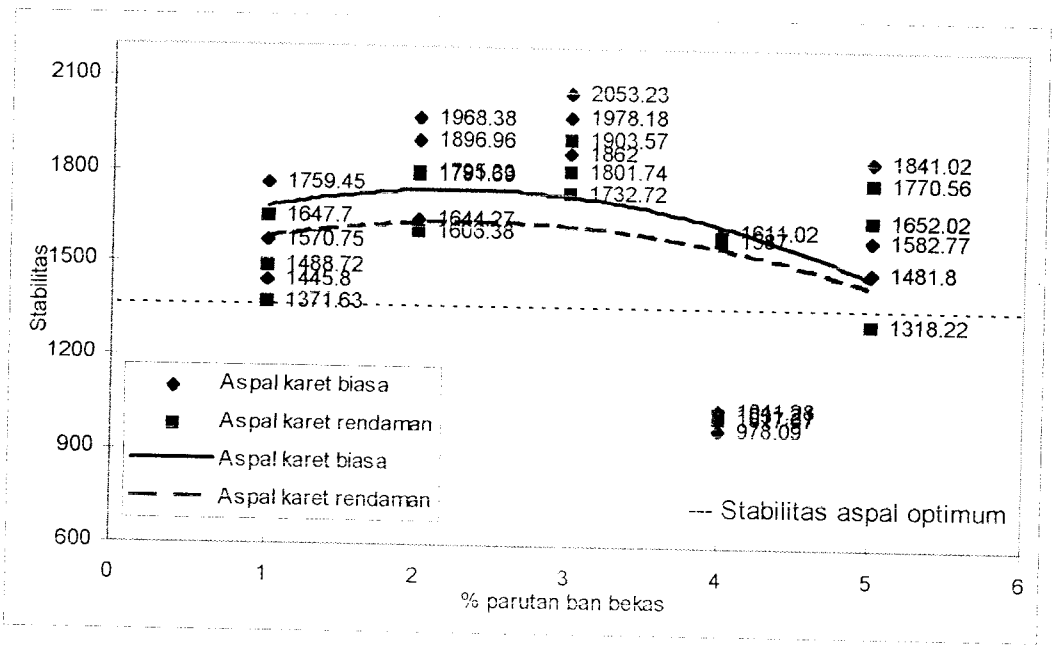
6.2.1. Pengaruh parutan ban bekas terhadap stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Perkerasan yang mempunyai stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai stabilitas diantaranya adalah ketahanan terhadap gesekan antar agregat, bentuk permukaan agregat, kepadatan (*density*) campuran dan kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar agregat.

Dari gambar 6.16. tampak bahwa penambahan parutan ban bekas dapat meningkatkan nilai stabilitas. Peningkatan nilai stabilitas tertinggi dicapai pada penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen. Penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen menghasilkan nilai stabilitas 1738.94 kg, sedangkan stabilitas campuran beton aspal biasa sebesar 1354.90 kg. Jika dibandingkan dengan aspal biasa nilai stabilitas aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas 2% naik kurang lebih 28 persen. Besarnya persentase kenaikan stabilitas aspal karet terhadap aspal biasa dapat dilihat pada gambar 6.17.

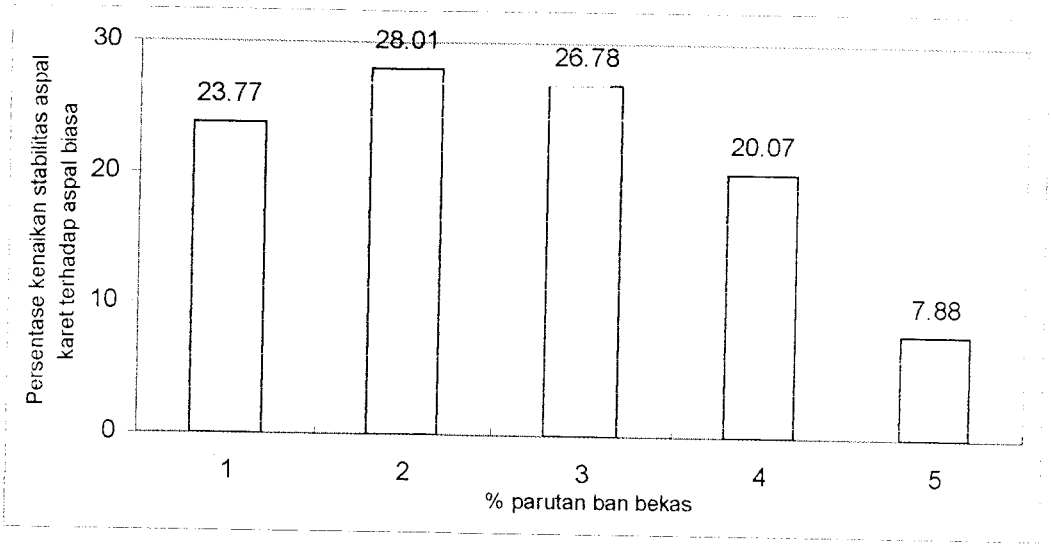
Naiknya nilai stabilitas ini disebabkan aspal yang ditambahkan parutan ban bekas atau yang disebut aspal karet menjadi lebih keras dari aspal biasa. Ini dibuktikan dari hasil uji penetrasi dimana hasil penetrasi aspal dengan penambahan parutan ban bekas nilai penetrasinya menjadi lebih kecil dari aspal biasa, yaitu 50,6 untuk penambahan parutan ban

bekas 2% dan 44,4 untuk penambahan parutan ban bekas 3% (lihat lampiran 2), sedangkan penetrasi aspal biasa 65,15 (lampiran 1). Selain itu dengan penambahan parutan ban bekas pada campuran aspal menyebabkan rongga-rongga yang ada pada campuran menjadi lebih kecil karena parutan ban bekas mengisi rongga-rongga yang kosong, sehingga kepadatannya meningkat, hal ini menyebabkan nilai stabilitas menjadi lebih besar.



Gambar 6.16. Grafik hubungan antara nilai stabilitas campuran aspal karet dengan campuran aspal karet rendaman 24 jam

Dari gambar 6.16 di atas terlihat juga, bahwa pada penambahan parutan ban bekas lebih dari 2% mengakibatkan nilai stabilitas menurun. Hal ini disebabkan oleh jumlah aspal karet yang menyelimuti agregat menjadi berlebihan sehingga ikatan antar agregat menjadi licin dan gesekan antar agregat menjadi kecil.



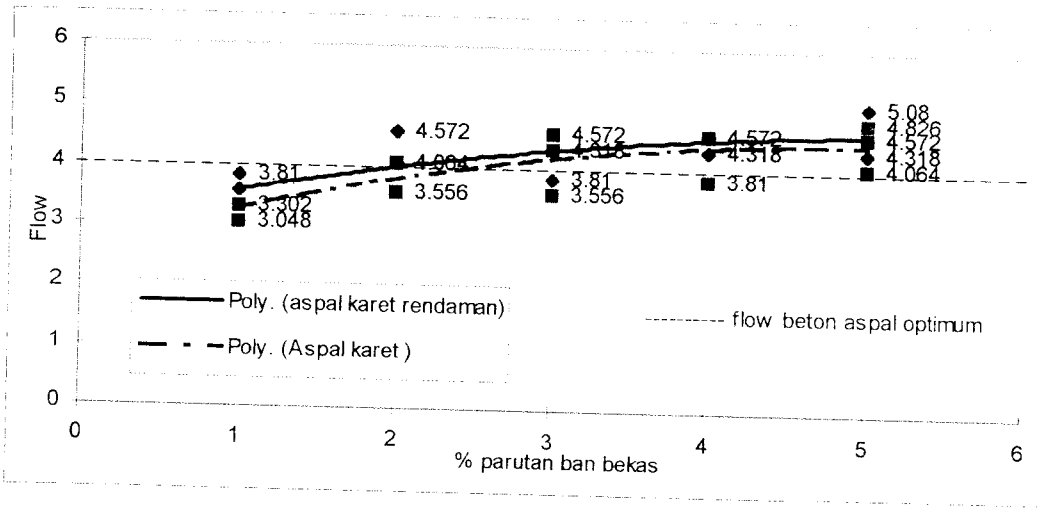
Gambar. 6.17. Grafik persentase kenaikkan nilai stabilitas campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa

Untuk campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dari campuran aspal biasa. Jika dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran aspal karet biasa, nilai stabilitas yang dihasilkan oleh campuran aspal karet rendaman lebih kecil (lihat gambar 6.16). Untuk lebih mengetahui besarnya penurunan nilai stabilitas pada aspal karet yang direndam selama 24 jam dapat dilihat pada pembahasan *index of retained strength.*

Sesuai persyaratan Bina Marga, nilai stabilitas untuk lalu lintas berat adalah > 750 kg. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa penambahan parutan ban bekas sebesar 1% sampai 5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

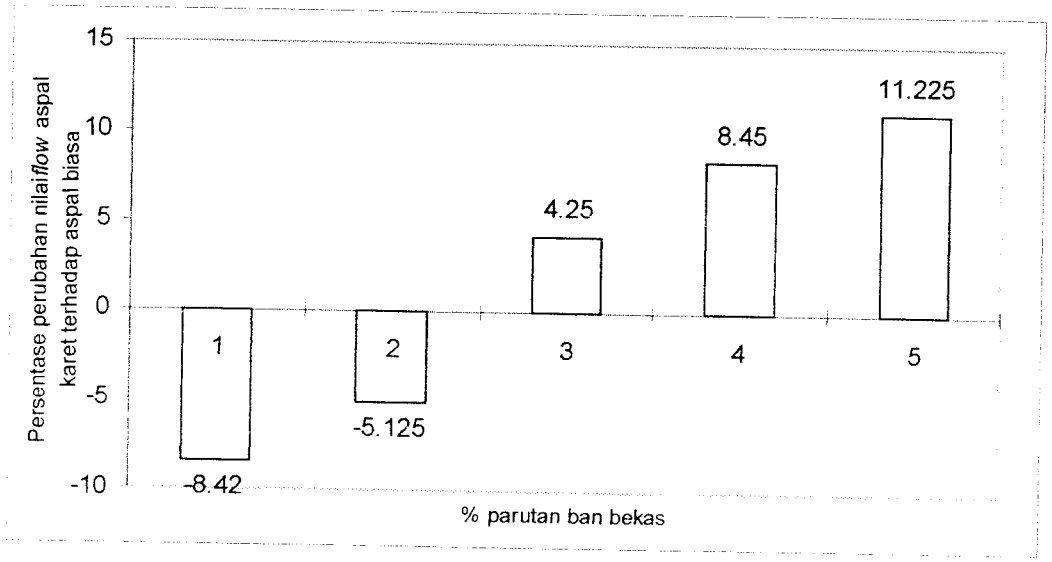
6.2.2. Pengaruh parutan ban bekas terhadap *flow*

Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis keras akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *flow* tinggi (melampaui batas maksimumnya), akan cenderung lembek, sehingga mudah berubah bentuk jika menerima beban. Sebaliknya jika *flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak (*cracking*) jika menerima beban yang melampaui daya dukungnya.



Gambar 6.18. Grafik hubungan antara nilai *flow* campuran aspal karet dengan campuran aspal karet rendaman 24 jam

Dari gambar 6.18. di atas menunjukkan bahwa penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen mengakibatkan menurunnya nilai *flow* jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa. Nilai *flow* meningkat pada penambahan parutan ban bekas sebesar 3 sampai 5 persen, tetapi tidak menunjukkan perubahan yang besar. Besarnya persentase perubahan nilai *flow* campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa dapat dilihat pada gambar 6.19 berikut ini.

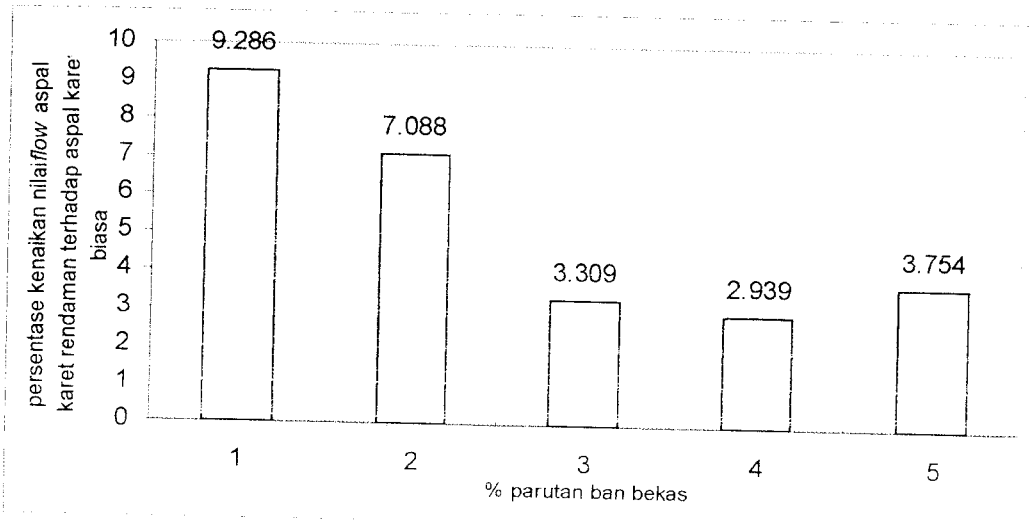


Gambar 6.19. Grafik kenaikkan *flow* campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa

Menurunnya nilai *flow* pada penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen disebabkan oleh campuran yang menjadi semakin kaku. Sedangkan untuk penambahan parutan ban bekas sebesar 3 sampai 5 persen nilai *flow* meningkat, hal ini disebabkan oleh jumlah parutan ban bekas yang ditambahkan berlebihan sehingga membuat gerakan diantara agregat menjadi lebih mudah yang kemudian akan menimbulkan deformasi yang lebih besar apabila terjadi pembebaban.

Untuk campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam nilai *flow* yang dihasilkan meningkat lebih besar jika dibandingkan dengan campuran aspal karet yang tidak direndam (lihat gambar 6.18). Tetapi selisih nilai *flow* antara keduanya kecil, kurang lebih sebesar 5 sampai 10 persen (lihat gambar 6.20). Hal ini disebabkan oleh aspal karet yang mengalami perendaman dan pemanasan yang lama akan membuat aspal karet

menjadi lebih lembek, ikatan antar batuan melemah, yang mengakibatkan deformasi menjadi lebih besar. Dari hasil uji rendaman dapat disimpulkan bahwa perendaman dan pemanasan berpengaruh terhadap nilai *flow*.



Gambar 6.20 Grafik persentase kenaikkan nilai flow campuran aspal karet rendaman terhadap campuran aspal karet biasa

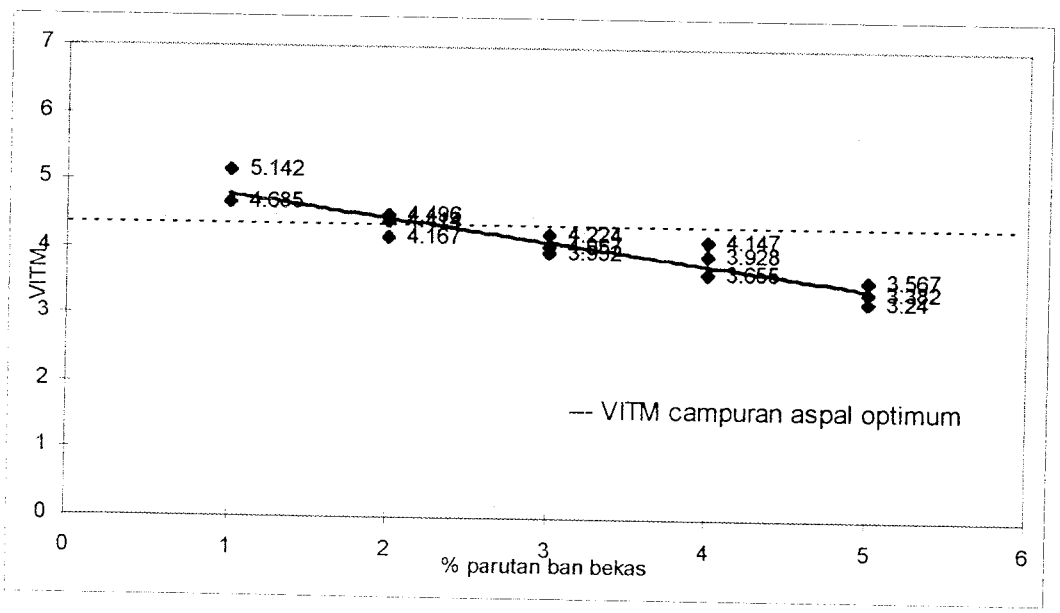
Dari persyaratan Bina Marga untuk beban lalu lintas berat, nilai *flow* yang diijinkan berkisar antara 2 sampai 4 mm. Dari hasil diatas maka penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

6.2.3. Pengaruh parutan ban bekas terhadap VITM

Volume rongga dalam campuran (VITM), biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran. Apabila nilai VITM besar berarti rongga yang ada di dalam campuran tersebut besar sehingga akan menimbulkan kerusakan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran beton aspal yang memiliki nilai VITM kecil,

mempunyai kekakuan yang tinggi dan sebaliknya apabila campuran aspal memiliki VITM besar, kekakuannya menjadi rendah.

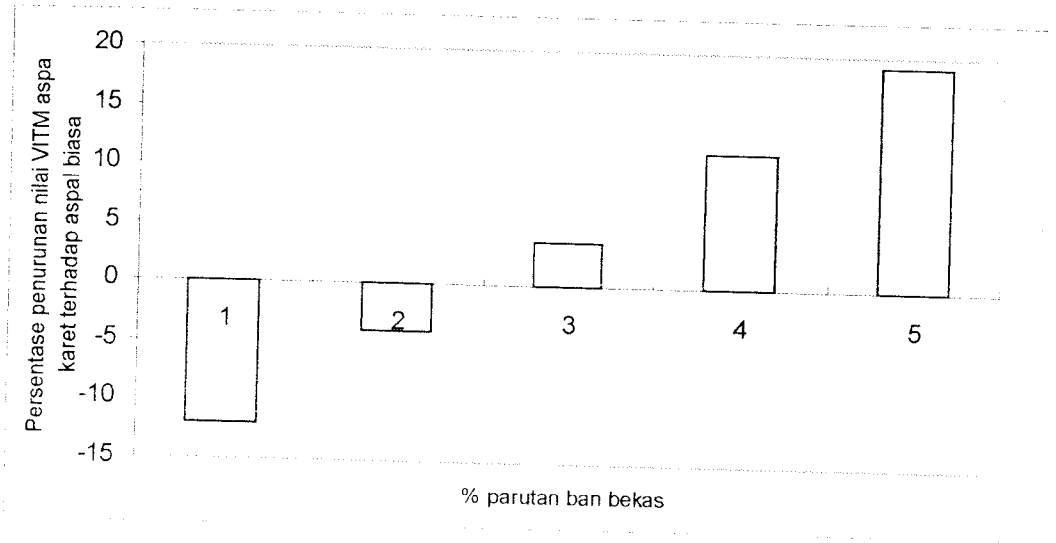
Dengan penambahan parutan ban bekas, jumlah kandungan rongga pada campuran akan semakin kecil. Dari gambar 6.21. jumlah kandungan rongga mempunyai kecenderungan lebih kecil. Hal ini disebabkan semakin banyak kadar parutan ban bekas yang ditambahkan semakin banyak pula rongga yang dapat diisi oleh aspal karet tersebut. Pada saat pemadatan aspal karet dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada, sehingga campuran menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi.



Gambar 6.21. Grafik hubungan antara nilai VITM campuran aspal karet dengan campuran aspal biasa

Pada penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen nilai VITM menjadi lebih besar. Tetapi pada penambahan parutan ban bekas 3 sampai 5 persen nilai VITM menjadi lebih kecil jika dibandingkan

dengan campuran aspal biasa. Besarnya persentase penurunan nilai VITM aspal karet terhadap aspal biasa dapat dilihat pada gambar 6.22. di bawah ini.



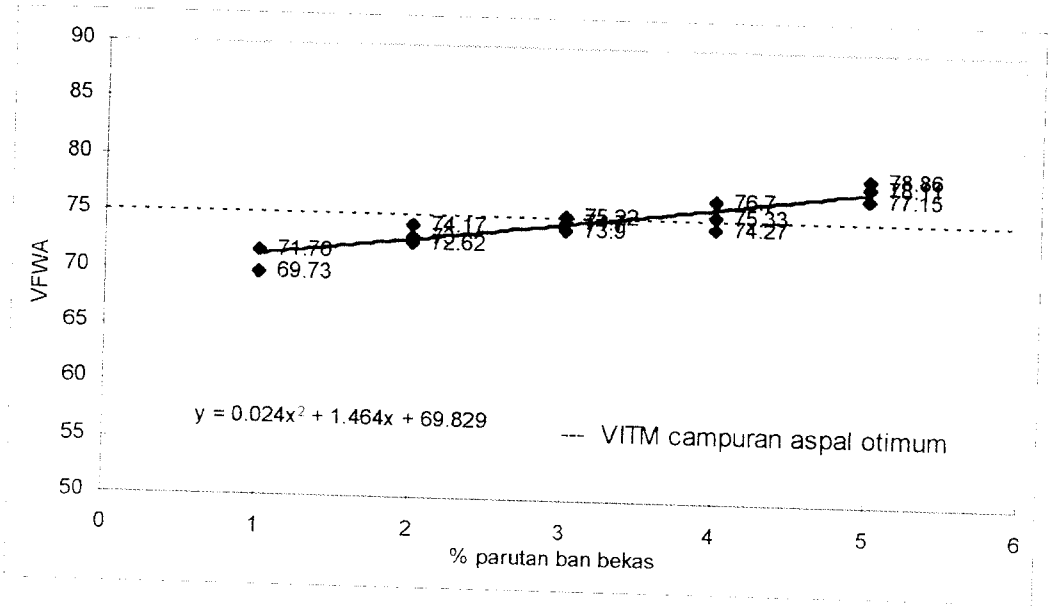
Gambar 6.22 Grafik persentase penurunan nilai VITM campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa

Nilai VITM yang mengacu pada persyaratan Bina Marga untuk lalu lintas berat adalah 3 sampai 5 persen. Dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 5 persen memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

6.2.4. Pengaruh parutan ban bekas terhadap VFWA.

Nilai VFWA memperlihatkan persentase rongga yang terisi aspal. Apabila VFWA besar berarti banyak rongga yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Akan tetapi nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan *bleeding*. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia

sedikit dan semua telah terisi maka aspal akan naik ke permukaan yang kemudian terjadi *bleeding*. Sebaliknya apabila nilai VFWA terlalu kecil berarti rongga yang ada cukup besar. Kekedapan perkerasan akan semakin kecil karena udara akan mengoksidasi aspal dalam campuran sehingga keawetannya berkurang.

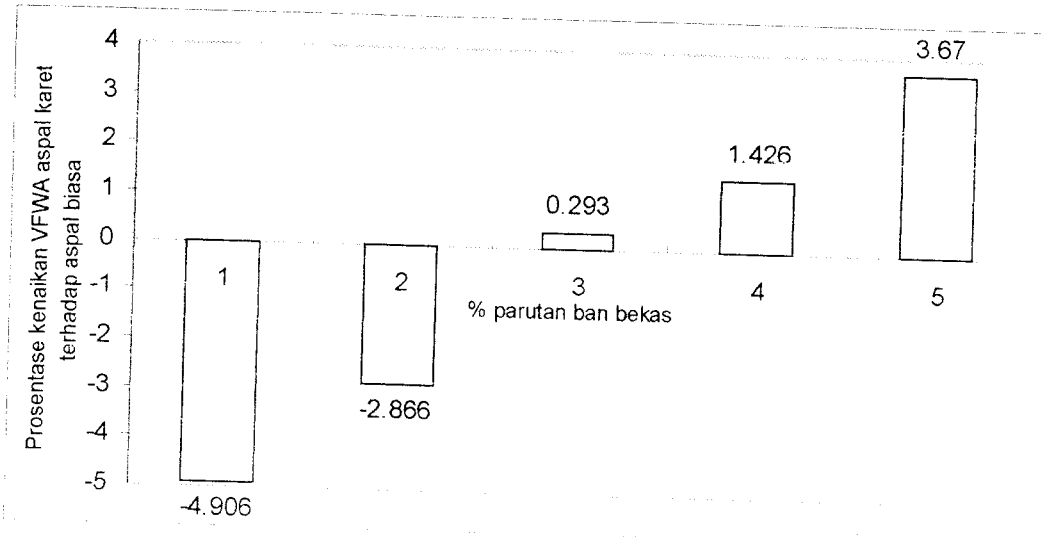


Gambar 6.23 Grafik hubungan antara nilai VFWA campuran aspal karet dengan campuran aspal biasa

Dari gambar 6.23 di atas penambahan parutan ban bekas mempunyai kecenderungan menaikkan nilai VFWA. Hal ini disebabkan karena aspal karet semakin banyak sehingga dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran lebih banyak.

Pada penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen nilai VFWA lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa. Tetapi pada penambahan parutan ban bekas 3 sampai 5 persen nilai VFWA lebih besar dari campuran aspal biasa. Besarnya persentase

kenaikan nilai VFWA campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa dapat dilihat pada gambar 6.24 di bawah ini.



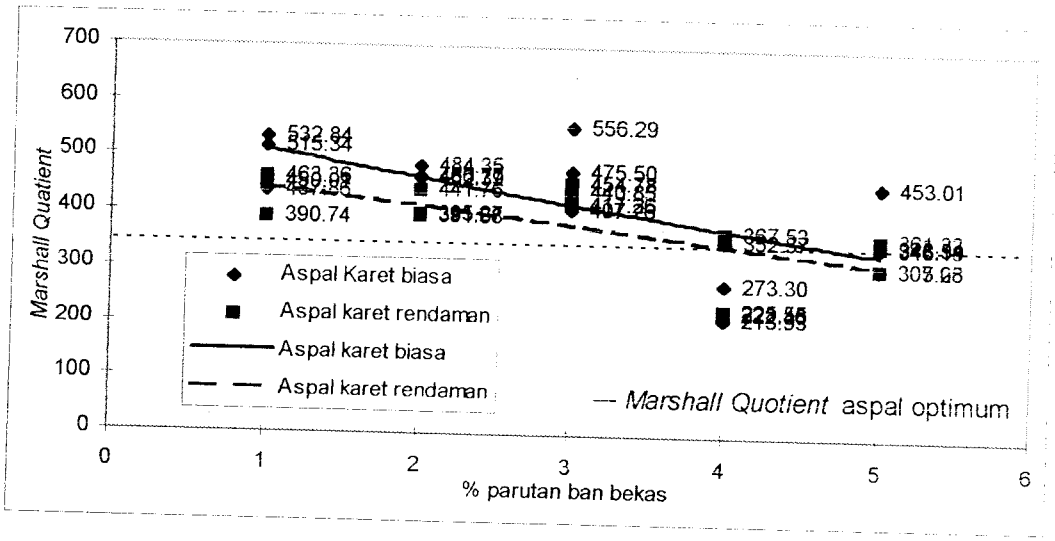
Gambar 6.24. Grafik persentase kenaikkan nilai VFWA campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa

Nilai VFWA yang mengacu pada persyaratan Bina Marga untuk lalu lintas berat adalah 75 sampai 82 persen. Dari hasil di atas penambahan parutan ban bekas sebesar 4 sampai 5 persen memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

6.2.5. Pengaruh parutan ban bekas terhadap *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* bisa dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai itu merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan nilai *flow* (kelelehan). Apabila benda uji mempunyai nilai *Marshall Quotient* dibawah spesifikasi yang ada menyebabkan nilai fleksibilitas perkerasan tinggi sehingga mudah mengalami deformasi. Sebaliknya bila nilai *Marshall Quotient* melebihi nilai

spesifikasi menyebabkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami *cracking*.

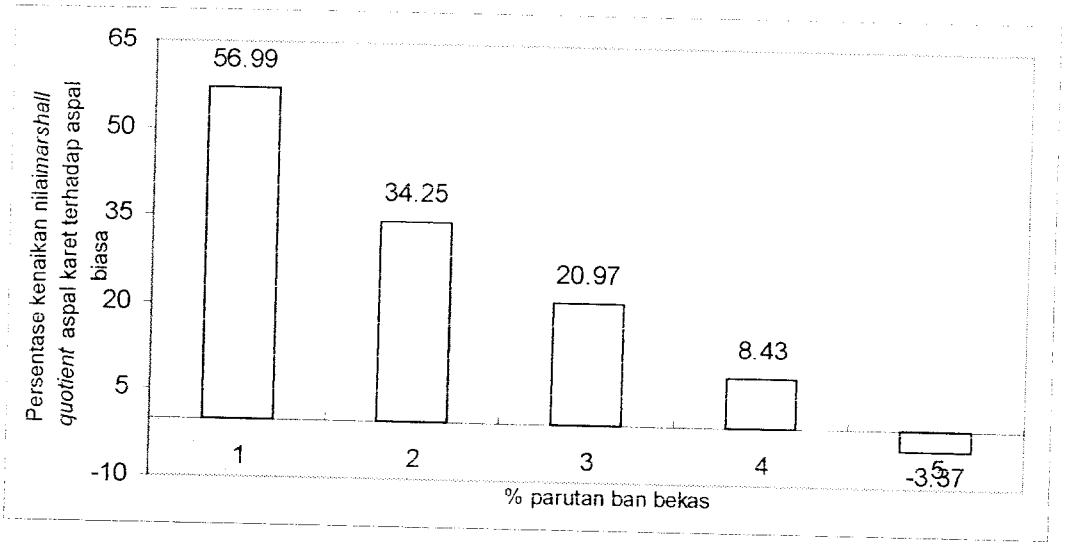


Gambar 6.25. Grafik hubungan antara nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet dengan campuran aspal karet rendaman 24 jam

Dari gambar 6.25 di atas memperlihatkan bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet menurun seiiring dengan bertambahnya parutan ban bekas.

Jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa, campuran aspal karet yang mengalami penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 4 persen meningkatkan nilai *Marshall Quotient*. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet mengalami penurunan pada penambahan parutan ban bekas sebesar 5%. Peningkatan ini disebabkan oleh meningkatnya nilai stabilitas dan nilai *flow* yang naik sedikit. Penurunan nilai *Marshall Quotient* terjadi karena nilai stabilitas yang menurun sedangkan nilai *flow* tetap naik. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet tertinggi terjadi

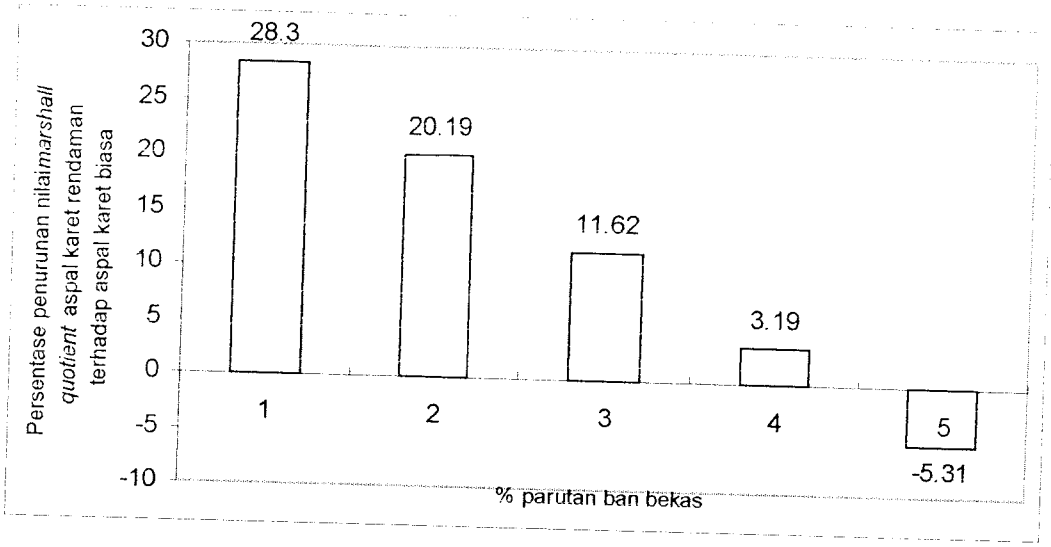
pada penambahan parutan ban bekas sebesar 1 persen yaitu sebesar 4540.40 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet terkecil terjadi pada penambahan parutan ban bekas sebesar 5 persen yaitu sebesar 332.60 kg/mm.



Gambar 6.26. Grafik persentase kenaikkan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet terhadap campuran aspal biasa

Persentase kenaikan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet pada penambahan parutan ban bekas 1 sampai 4 persen berkisar antara 56 sampai 8 persen Ini berarti fleksibilitas yang terjadi pada campuran aspal karet 1 sampai 4 persen rendah. Ini kurang baik untuk lapis perkerasan karena akan mengakibatkan lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami *cracking*. Persentase penurunan yang terjadi pada penambahan parutan ban bekas 5 persen adalah sebesar 3.4 persen. Ini berarti bahwa nilai plastisitas yang terjadi rendah. Ini juga kurang baik untuk lapis perkerasan karena menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami deformasi. Besarnya persentase kenaikan nilai *Marshall*

Quotient pada aspal karet terhadap aspal biasa dapat dilihat pada gambar 6.26.



Gambar 6.27. Grafik persentase penurunan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet rendaman 24 jam terhadap campuran aspal karet biasa

Dari gambar 6.25 nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam, lebih rendah dari aspal karet biasa. Ini disebabkan nilai stabilitas campuran aspal karet rendaman lebih kecil dari pada nilai stabilitas campuran aspal karet biasa. Besarnya persentase penurunan nilai *Marshall Quotient* campuran aspal karet rendaman terhadap campuran aspal karet biasa dapat dilihat pada gambar 6.27.

Nilai *Marshall Quotient* yang mengacu pada persyaratan Bina Marga untuk lalu lintas berat adalah 200 sampai 500 kg/mm. Dari hasil di atas maka penambahan parutan ban bekas sebesar 2 sampai 5 persen memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

6.2.6. Pengaruh parutan ban bekas terhadap *index of retained strength*

Index of retained strength atau indeks tahanan kekuatan dapat diketahui dengan uji perendaman Marshall (*immersion test*). Uji ini untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh suhu, cuaca dan air. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan uji Marshall hanya waktu perendaman dalam suhu konstan 60°C dilakukan selama 24 jam sebelum pembebanan diberikan.

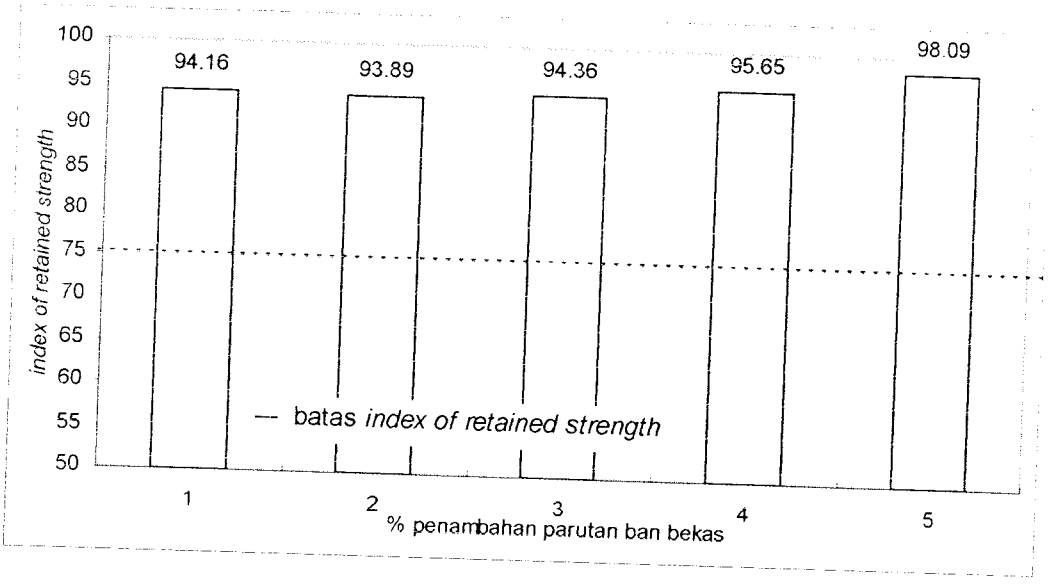
Apabila indeks tahanan kekuatan lebih dari atau sama dengan 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air ,suhu dan cuaca.

Hasil uji perendaman dapat dilihat pada tabel 6.11 berikut ini.

Tabel 6.11. Tabel hasil uji perendaman Marshall

Kadar Aspal	Stabilitas Aspal Karet	Stabilitas Aspal Karet Rendaman Selama 24 Jam	*Index of Retained Strength*
(%)	S1 (KG)	S2 (KG)	(S2/S1) x 100 %
1	1681.25	1583.07	94.16
2	1738.94	1632.86	93.89
3	1722.17	1625.17	94.36
4	1630.94	1560.02	95.65
5	1465.25	1437.37	98.09

Grafik yang menunjukkan hasil *index of retained strength* yang terjadi pada campuran aspal karet dapat dilihat pada gambar 6.21 berikut ini.



Gambar 6.28. Grafik *Index of retained strength* aspal karet

Dari hasil penelitian (lihat tabel 6.11 dan gambar 6.28) tampak bahwa nilai stabilitas aspal karet yang direndam 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas aspal karet dengan uji standar.

Penurunan terbesar campuran beton aspal karet terjadi pada penambahan parutan ban bekas 2 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 93,89 % dan penurunan terkecil campuran beton aspal karet terjadi pada penambahan parutan ban bekas 5 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 98,09%.

Penurunan nilai stabilitas ini disebabkan campuran aspal karet yang terendam dalam *water bath* dengan waktu tertentu (lebih besar dari kondisi

standar) akan menyebabkan ikatan bitumen yang menyelimuti agregat melemah karena pengaruh air dan suhu.

Dari semua sampel, *index of retained strength* yang dihasilkan lebih besar dari 75%, ini membuktikan bahwa aspal karet tahan terhadap kerusakan yang disebabkan air, suhu dan cuaca.

6.2.7. Evaluasi hasil laboratorium

Hasil evaluasi uji Marshall untuk campuran aspal karet secara umum mengakibatkan naiknya nilai stabilitas, nilai VFWA dan nilai *Marshall Quotient*. Tetapi hal itu akan menyebabkan turunnya nilai *flow* dan nilai VITM dalam campuran.

Penambahan parutan ban bekas menyebabkan kinerja campuran aspal menjadi lebih baik. jika dibandingkan dengan aspal biasa. Hal ini dapat dilihat dari naiknya nilai stabilitas, semakin menurunnya nilai flow, kecenderungan semakin kecilnya rongga yang ada dalam campuran, kecenderungan semakin besarnya nilai VFWA dan semakin tingginya nilai kekakuan yang ditunjukan oleh semakin meningkatnya nilai *Marshall Quotient.* Penambahan parutan ban bekas yang paling baik terjadi pada penambahan parutan ban bekas sebesar 2% dari berat aspal optimum, dimana memberikan kenaikan nilai stabilitas mencapai 28%.

Penambahan parutan ban bekas lebih dari 2 persen menyebabkan nilai stabilitas menurun. Hal ini disebabkan jumlah aspal karet yang menyelimuti agregat menjadi berlebihan sehingga mengakibatkan ikatan antar agregat menjadi lemah dan gesekan antar agregat menjadi kecil.

Jumlah aspal karet yang berlebihan membuat gerakan diantara agregat menjadi lebih mudah yang kemudian akan menimbulkan deformasi atau meningkatkan nilai *flow* yang lebih besar apabila terjadi pembebanan.

Jika dibandingkan dengan penelitan serupa yang telah dilakukan oleh Iriansyah. AS dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung yang menggunakan spesifikasi Bina Marga NO.XI dan Wahyudi dan Agus Setyono (Tugas Akhir, Pengaruh Penggunaan Aspal Karet Terhadap Perilaku Campuran Beton Aspal) yang menggunakan spesifikasi Bina Marga NO.III ATBL, penelitian yang dihasilkan, hampir sama, walaupun spesifikasi gradasi yang digunakan berbeda. Dua penelitian ini menghasilkan kesimpulan yang sama dengan penelitian ini yaitu aspal karet dapat meningkatkan kinerja perkerasan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Iriansyah. AS dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung penambahan parutan ban bekas yang paling baik terjadi pada penambahan parutan ban bekas sebanyak 2 sampai 3 persen dari berat aspal optimum, dimana dapat menaikkan nilai stabilitas sebesar 10% dari campuran aspal biasa. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Heru Wahyudi dan Agus Setyono penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen memberikan nilai stabilitas yang tinggi. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang paling baik terjadi pada penambahan parutan ban bekas sebesar 2% dengan kenaikkan sebesar 28 % dari aspal biasa optimum.

Pada penelitan yang dilakukan oleh Iriansyah. AS nilai kelelehan (*flow*) tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Hal ini juga hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Heru Wahyudi dan Agus Setyono dimana nilai *flow* meningkat relatif kecil. Hasil penelitian ini juga menunjukan bahwa nilai *flow* mengalami perubahan yang relatif kecil.

Penambahan parutan ban bekas menyebabkan jumlah kandungan rongga pada campuran akan semakin kecil yang menyebabkan nilai VITM menurun dan nilai VFWA meningkat. Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Iriansyah. AS. Hal ini disebabkan semakin banyak kadar parutan ban bekas yang ditambahkan semakin banyak pula rongga yang dapat diisi oleh aspal karet tersebut.

Pada penelitian ini, kecenderungan nilai VITM dan VFWA sama dengan hasil penelitian Iriansyah. AS, tetapi penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen nilai VITM yang dihasilkan lebih besar dari VITM campuran aspal biasa, ini juga membuat nilai VFWA otomatis lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai VFWA campuran aspal biasa. Hasil serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Heru Wahyudi dan Agus Setyono dimana penambahan parutan ban bekas sebesar 1 sampai 2 persen membuat nilai VITM naik dan menurunkan nilai VFWA jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa.

Secara umum penambahan parutan ban bekas dapat meningkatkan nilai *Marshall Quotient*. Peningkatan ini disebabkan oleh meningkatnya nilai stabilitas yang tinggi dan meningkatnya nilai *flow* yang relatif kecil. Meningkatnya nilai *Marshall Quotient* akan menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah terjadi *cracking*.

Dari penelitian ini juga membuktikan bahwa aspal karet tahan terhadap pengaruh suhu,cuaca dan air. Ini dibuktikan dari nilai *index of retained strength* yang semua variasi penambahan parutan ban bekas melebihi 75%.

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada campuran aspal biasa, campuran aspal karet dan campuran aspal karet yang direndam selama 24 jam, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Dari hasil penelitian tampak bahwa penambahan parutan ban bekas dapat meningkatkan nilai stabilitas. Peningkatan nilai stabilitas tertinggi dicapai pada penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen. Penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen nilai stabilitasnya 1738.948 kg, sedangkan stabilitas campuran aspal biasa sebesar 1354.90 kg. Penambahan parutan ban bekas sebesar 2 persen dapat menaikkan stabilitas kurang lebih 28 persen.
2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan parutan ban bekas mengakibatkan menurunnya nilai *flow* sebesar kurang lebih 5 persen pada penambahan parutan ban bekas sebesar 1 persen (3,26 mm) sampai 2 persen (3,79 mm). Nilai *flow* pada campuran aspal biasa adalah 4,00 mm. Nilai *flow* meningkat pada penambahan

parutan ban bekas sebesar 3 sampai 5 persen, tetapi tidak menunjukkan perubahan yang besar.

3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah kandungan rongga lebih besar pada penambahan parutan ban bekas 1 sampai 2 persen dari kadar aspal optimum. Nilai VITM lebih kecil pada penambahan 3 sampai 5 persen dari campuran aspal biasa.
4. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan parutan ban bekas sebesar 1 persen (71,32%) sampai 2 persen (72,85%) menurunkan nilai VFWA. Penambahan parutan ban bekas sebesar 3 persen (75,22%) sampai 5 persen (77,75%) menaikan nilai VFWA.
5. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* menurun seiiring dengan bertambahnya parutan ban bekas. Penambahan parutan ban bekas meningkatkan nilai *Marshall Quotient* jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa. Peningkatan ini disebabkan oleh meningkatnya stabilitas yang tinggi dan nilai *flow* yang naik sedikit. Nilai *Marshall Quotient* tertinggi pada penambahan kadar aspal 1 persen yaitu sebesar 540,40 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* terkecil pada penambahan parutan ban bekas sebesar 5 persen yaitu sebesar 332,60 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* aspal karet yang direndam selama 24 jam, lebih rendah dari aspal karet biasa. Ini disebabkan nilai stabilitas campuran aspal karet rendaman lebih kecil daripada campuran aspal karet biasa dan nilai *flow* yang meningkat.

6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas campuran aspal karet yang direndam 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas campuran aspal karet dengan uji standart. Penurunan terbesar terjadi pada campuran aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas 2 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 93,89% dan penurunan terkecil terjadi pada campuran aspal karet dengan penambahan parutan ban bekas 5 persen yaitu memberikan *index of retained strength* sebesar 98,09%. Dari semua sampel, *index of retained strength* yang terjadi lebih dari 75%, ini membuktikan bahwa campuran aspal karet tahan terhadap kerusakan yang disebabkan air, suhu dan cuaca.
7. Dari hasil analisa dan perbandingan yang dilakukan selama melakukan penelitian ini dengan mempertimbangkan keseluruhan komponen penelitian yang meliputi stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, *Marshall Quotient* dan uji perendaman Marshall dapat dikatakan penggunaan bahan tambah parutan ban bekas sebesar 2 persen dari berat aspal optimum yang harganya relatif murah dapat meningkatkan kinerja perkerasan.
8. Dari hasil analisa, penelitian ini sesuai dengan hipotesa yang diajukan. Sehingga hipotesa dapat diterima.

7.2. Saran

1. Perlu adanya percobaan dilapangan yang dapat menunjukkan secara jelas kinerja aspal karet dan efek yang timbul dari aspal karet tersebut.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dari penggunaan aspal karet apabila aspal karet menerima pemanasan yang temperaturnya bervariasi.
3. Perlu juga dilakukan penelitian tentang tahanan gesek *(skid resistance)* yang terjadi pada aspal karet.

Daftar Pustaka

1. Methods Of Sampling And Testing, 1982, part II, American Association Of State Highway and Transpotation Officials (AASHTO).
2. Clarkson H. Oglesby dan. Gary Hicks R, Teknik Jalan Raya, 1996, Jilid 2, Edisi Ke IV, Erlannga, Jakarta.
3. Manual Pemeriksaan Bahan Jalan, 1976, No.01/MN/BM/1976, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. Petunjuk Pelaksanaan Lataston, 1983, No.12/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. Petunjuk Pelaksanaan Laston, 1987, No.13/PT/B/1987, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. Panduan Pratikum Jalan Raya, 1994, Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yoyakarta.
7. Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992, Nova, Bandung.
8. Suprapto TM, , Bahan dan struktur Jalan Raya, 1994, Yogyakarta.
9. Piggott, M.R. W.NG, Gorge J.D dan. Woodhams, R.T, Improved Hot Mix Asphalts Containing reclaimed Rubber,1977.
10. Steve Lalwani, Adnan Abushihada dan Adel Halasa, Reclaimed Rubber Asphalt Blends Measurement Of Rhilogical Properties To

Assess Toughness, Rosiliency, Consistency and Temperature Sensityty.

11. Iriansyah AS, Laporan Penelitian Peningkatan Kualitas Campuran Beraspal Menggunakan Karet Padat (Parutan Ban Bekas), 1992, DPU, Badan Penelitian dan pengembangan PU, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung.

12. Heru Wahyudi dan Agus Setyono, Penelitian Laboratorium Pengaruh penggunaan Aspal Karet Terhadap Perilaku Campuran Beton Aspal, 1996, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

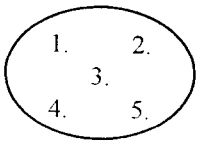
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

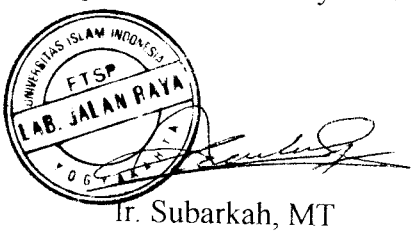
PEMANSAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	30°C	09.30 wib
Selesai pemanasan	110°C	09.45 wib
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110°C	09.45 wib
Selesai	30°C	10.45 wib
Direndam air dengan suhu (25°C)		
Mulai	30°C	10.45 wib
Selesai	25°C	11.15 wib
Diperiksa		
Mulai	25°C	11.15 wib
Selesai	25°C	11.30 wib

HASIL PENGAMATAN

NO.	CAWAN I	CAWAN II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1.	61	64	
2.	67	64	
3.	68	64,5	
4.	61	65	
5.	68	69	

Rata-rata 65,15

Yogyakarta, 19 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII



Ir. Subarkah, MT

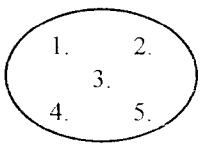
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL KARET

Contoh dari : PB. SURADI dan PT. Surya Agung Mas
Jenis contoh : Cawan I (Aspal + Parutan ban bekas 2%)
Cawan II (Aspal + Parutan ban bekas 3%)
Diperiksa tanggal : 29 Juni 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

PEMANSAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	30°C	09.30 wib
Selesai pemanasan	110°C	09.45 wib
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110°C	10.30 wib
Selesai	30°C	11.30 wib
Direndam air dengan suhu (25°C)		
Mulai	30°C	11.30 wib
Selesai	25°C	12.30 wib
Diperiksa		
Mulai	25°C	12.35 wib
Selesai	25°C	13.05 wib

HASIL PENGAMATAN

NO.	CAWAN I	CAWAN II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1.	52	45	
2.	51	43	
3.	50	44	
4.	49	46	
5.	51	44	
Rata-rata	50,6	44,4	

Yogyakarta, 29 Juni 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

PEMANSAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	30°C	09.30 wib
Selesai pemanasan	110°C	09.45 wib
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110°C	09.45 wib
Selesai	30°C	10.45 wib
Direndam air dengan suhu (25°C)		
Mulai	30°C	10.45 wib
Selesai	25°C	11.15 wib
Diperiksa		
Mulai	25°C	11.15 wib
Selesai	25°C	11.30 wib

HASIL PENGAMATAN

NO.	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	5	60	60		
2.	10	120	120		
3.	15	180	180	57°C	58°C
4.	20	240	240		
5.	25	300	300		
6.	30	360	360		
7.	35	420	420		
8.	40	480	480		
9.	45	540	540	Rata-rata 57,5°C	
10.	50	600	600		
11.	55	660	660		

Yogyakarta, 19 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

FTSP
LAB. JALAN RAYA

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

PEMANSAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	30°C	09.20 wib
Selesai pemanasan	110°C	09.30 wib
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	110°C	09.30 wib
Selesai	30°C	10.30 wib
Diperiksa		
Mulai	30°C	14.00 wib
Selesai	360°C	14.45 wib

HASIL PENGAMATAN

TITIK NYALA	TITIK BAKAR
335°C	360°C

Yogyakarta, 19 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FTSP LAB. JALAN RAYA YOGYAKARTA

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
KELARUTAN DALAM CCl_4 (*SOLUBILITY*)

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 15 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

PEMERIKSAAN		Pembacaan Waktu (WIB)	Pembacaan Suhu (°C)
1. Penimbangan	Mulai	14.30	30
2. Pelarutan	Mulai	14.35	30
3. Penyaringan	Mulai	14.40	30
	Selesai	14.45	30
4. Di oven	Mulai	14.45	30
5. Penimbangan	Selesai	15.20	60

1. Berat botol Erlemnmeyer kosong	73,72 gr
2. Berat erlenmeyer + aspal	76,10 gr
3. Berat aspal (2-1)	2,38 gr
4. Berat kertas saring bersih	0,63 gr
5. Berat kertas saring + endapan	0,64 gr
6. Berat endapannya saja (5-4)	0,01 gr
7. Persentase endapan $\left(\frac{6}{3} \times 100\%\right)$	0,42 %
8. Bitumen yang larut (100%-7)	99,58 %

Yogyakarta, 15 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
DAKTAILITAS (*DUCTILITY*) / RESIDU

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

Persiapan benda Uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven ± 135°C
Mendinginkan benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	Pembacaan suhu ruang ± 30°C
Perendaman benda Uji	Direndam dalam Water Bath pada suhu 25°C	60 menit	Pembacaac suhu water bath ± 25°C
Pemeriksaan	Daktailitas pada suhu 25°C 5 cm per menit	20 menit	Pembacaac suhu alat ± 25°C

DAKTAILITAS pada suhu 25°C 5 cm per menit	Pembacaan pengukur pada alat
Pengamatan I	➢ 140 cm
Pengamatan II	➢ 140 cm
Rata-rata (I+II)	➢ 140 cm

Yogyakarta, 19 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari : PB. SURADI
Jenis contoh : Aspal Penetrasi 60/70
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

NO.	URUTAN PEMERIKSAAN	BERAT
1.	Berat vicnometer kosong	29,01 gram
2.	Berat vicnometer + Aquadest	78,93 gram
3.	Berat air (2-1)	49,92 gram
4.	Berat vicnometer + Aspal	31,01 gram
5.	Berat Aspal	2,00 gram
6.	Berat vicnometer + Aspal + Aquadest	79,08 gram
7.	Berat airnya saja (6-4)	48,07 gram
8.	Volume Aspal (3-7)	1,85 gram
9.	Berat Jenis Aspal : berat/volume (5/8)	1,081

Yogyakarta, 19 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

FTSP LAB. JALAN RAYA YOGYAKARTA

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Contoh dari : PT. GEBYAR SELO ARTHAMAS
Diperiksa tanggal : 15 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

JENIS GRADASI : MENERUS		
SARINGAN		BENDA
LOLOS	TERTAHAN	UJI
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500 gram
12,5 mm (1/2")	09,5 mm (3/8")	2500 gram
Jumlah benda uji (A)		5000 gram
Jumlah tertahan disieve 12 (B)		3956,5 gram
KEAUSAN = $\frac{(A-B)}{(A)}$ x 100 %		20,87 %

Yogyakarta, 15 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

FTSP
LAB. JALAN RAYA

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. GEBYAR SELO ARTHAMAS
Jenis contoh : Tertahan saringan no.4
Diperiksa tanggal : 16 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD) → (BJ)	1499 gram
Berat benda uji didalam air → (BA)	934 gram
Berat sampai kering oven (BK)	1485 gram
Berat jenis (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ-BA)}$	2,628
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ-BA)}$	2,653
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK-BA)}$	2,695
Penyerapan = $\frac{(BJ-BK)}{BK}$ x 100 %	0,94 %

Yogyakarta, 16 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : PT. GEBYAR SELO ARTHAMAS
Jenis contoh : Lolos saringan no.4
Diperiksa tanggal : 20 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500 gram
Berat Vicnometer + Air (B)	667 gram
Berat Vicnometer + Air + Benda uji (BT)	983 gram
Berat sampai kering oven (BK)	490 gram
$\text{Berat Jenis} = \frac{BK}{(B+500-BA)}$	2,663
$\text{Berat SSD} = \frac{500}{(B+500-BT)}$	2,717
$\text{BJ SEMU} = \frac{BK}{(B+BK-BA)}$	2,816
$\text{Penyerapan} = \frac{(500-BK)}{BK} \times 100\ \%$	2,04 %

Yogyakarta, 21 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN
KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : PT. GEBYAR SELO ARTHAMAS
Jenis contoh : Lolos saringan 3/8" tertahan no.4
Diperiksa tanggal : 19 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

PEMANSAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	70°C	15.00 wib
Selesai pemanasan	150°C	15.25 wib
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	150°C	15.27 wib
Selesai	30°C	13.00 wib
Diperiksa		
Mulai	27°C	13.00 wib
Selesai	27°C	14.05 wib

HASIL PENGAMATAN

Persentase yang diselimuti oleh aspal	98 %

Yogyakarta, 20 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

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

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Contoh dari : PT. GEBYAR SELO ARTHAMAS
Jenis contoh : Lolos saringan no.4
Diperiksa tanggal : 16 April 1999
Dikerjakan oleh : Iman dan Benny

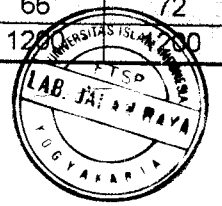
TRIAL NUMBER		1	2
Seaking	*Start*	13.30 wib	13.30 wib
(10.1 Min)	*Stop*	13.35 wib	13.35 wib
Sedimentation Time	*Start*	13.35 wib	13.35 wib
(20 Min-15 Sec)	*Stop*	14.05 wib	14.05 wib
Clay reading		4,6	5,1
Sand reading		3,4	3,7
$SE = \frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\ \%$		73,913 %	72,549 %
Average Sand Equivalent		73,231 %	

Yogyakarta, 16 April 1999
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT

PERHITUNGAN BERAT CAMPURAN AC BERDASARKAN VARIASI BERAT ASPAL

Ukuran Saringan (mm)	Prosentasi Lolos (%)	Hasil Hitungan		KADAR ASPAL				
		Harga Tengah	Yang Tertahan	4%	4.5%	5%	5.5%	6%
3/4	100	100	0	-	-	-	-	-
1/2	80 - 100	90	10	115.2	114.6	114	113.4	112.8
3/8	70 - 90	80	10	115.2	114.6	114	113.4	112.8
# 4	50 - 70	60	20	230.4	229.2	228	226.8	225.6
# 8	35 - 50	42.5	17.5	201.6	200.55	199.5	198.45	197.4
# 30	18 - 29	23.5	19	218.88	217.74	216.6	215.46	214.32
# 50	13 - 23	18	5.5	63.36	63.03	62.7	62.37	62.04
# 100	8 - 16	12	6	69.12	68.76	68.4	68.04	67.68
# 200	4 - 10	7	5	57.6	57.3	57	56.7	56.4
	Pan	-	7	80.64	80.22	79.8	79.38	78.96
Berat Agregat (gram)				1152	1146	1140	1134	1128
Berat Aspal (gram)				48	54	60	66	72
Berat Campuran (gram)				1200	1200	1200	1200	1200



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JENIS CAMPURAN : ASPAL BIASA
TANGGAL : 10 - 15 MEI 1999

DIKERJAKAN OLEH : IMAN dan BENNY

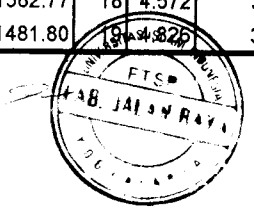
No Sampel	t Tebal Bd. Uji	a % aspal thd batuan	b % aspal thd camp	c Berat kering	d Berat SSD	e Berat dlm air	f Vol	g Berat isi sampel	h BJ maks	i	j	k Jml kand rongga	l Rongga thd agg	m VFWA	n Rongga terisi camp	o Stab arloji	p Stab kalibrasi	q Stab koreksi	r Flow arloji	s Flow	u Marshall Quotient
4%(A)	6.34	4.17	4	1184	1186	692	494	2.40	2.503	8.9	87	4.23	13.108	67.719	4.231	865	2964.961	2616.58	20	5.08	515.0743
(B)	6.66	4.17	4	1197	1203	689	514	2.33	2.503	8.6	84	6.95	15.572	55.387	6.947	378	1295.671	1156.39	13	3.302	350.2078
(C)	6.29	4.17	4	1187	1190	689	501	2.37	2.503	8.8	86	5.33	14.105	62.211	5.330	355	1216.834	1235.09	12	3.048	405.2119
4.5%(A)	6.71	4.71	4.5	1194	1201	685	516	2.31	2.486	9.6	83	6.91	16.547	58.266	6.906	410	1405.357	1240.23	14	3.556	348.7704
(B)	6.58	4.71	4.5	1188	1191	685	506	2.35	2.486	9.8	85	5.54	15.326	63.831	5.543	428	1467.056	1338.69	13	3.302	405.4174
(C)	6.57	4.71	4.5	1187	1192	680	512	2.32	2.486	9.7	84	6.73	16.388	58.943	6.729	405	1388.219	1270.22	10	2.54	500.0866
5%(A)	6.5	5.26	5	1180	1183	680	503	2.35	2.469	11	84	4.98	15.837	68.577	4.977	425	1456.773	1358.44	15	3.81	356.546
(B)	6.56	5.26	5	1191	1193	686	507	2.35	2.469	11	84	4.85	15.723	69.17	4.847	423	1449.917	1330.30	15	3.81	349.1598
(C)	6.53	5.26	5	1172	1178	680	498	2.35	2.469	11	84	4.67	15.569	69.983	4.673	457	1566.459	1448.97	14	3.556	407.4731
5.5%(A)	6.38	5.82	5.5	1177	1185	685	500	2.35	2.452	12	84	4.00	15.992	74.962	4.004	405	1388.219	1354.90	15	3.81	355.6171
(B)	6.46	5.82	5.5	1196	1198	689	509	2.35	2.452	12	84	4.18	16.145	74.115	4.179	401	1374.508	1296.99	16	4.064	319.1401
(C)	6.43	5.82	5.5	1184	1185	683	502	2.36	2.452	12	84	3.82	15.829	75.88	3.818	402	1377.935	1311.52	15	3.81	344.2307
6%(A)	6.27	6.38	6	1191	1197	689	508	2.34	2.436	13	83	3.75	16.774	77.649	3.749	385	1319.665	1346.06	17	4.318	311.7318
(B)	6.27	6.38	6	1185	1193	688	505	2.35	2.436	13	83	3.67	16.702	78.054	3.665	396	1357.369	1384.52	20	5.08	272.5426
(C)	6.41	6.38	6	1183	1185	682	503	2.35	2.436	13	83	3.45	16.512	79.133	3.445	397	1360.797	1302.69	18	4.572	284.928

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JENIS CAMPURAN : ASPAL KARET
TANGGAL : 10 - 15 MEI 1999

DIKERJAKAN OLEH : IMAN dan BENNY

No Sampel	t Tebal Bd. Uji	a % aspal thd batuan	b % aspal thd camp	c Berat kering	d Berat SSD	e Berat dlm air	f Vol	g Berat isi sampel	h BJ maks	i	j	k Jml kand rongga	l Rongga thd agg	m VFWA	n Rongga terisi camp	o Stab arloji	p Stab kalibrasi	q Stab koreksi	r Flow arloji	s Flow	u Marshall Quotient
1%(A)	6.43	5.82	5.5	1177	1188	682	506	2.33	2.452	12	83	5.14	16.988	69.73	5.142	444	1521.89	1445.80	13	3.302	437.856
(B)	6.35	5.82	5.5	1178	1187	683	504	2.34	2.452	12	83	4.69	16.588	71.756	4.685	513	1759.45	1759.45	13	3.302	532.843
(C)	6.37	5.82	5.5	1178	1188	684	504	2.34	2.452	12	83	4.69	16.588	71.756	4.685	465.7	1596.29	1570.75	12	3.048	515.338
2%(A)	6.25	5.82	5.5	1175	1185	685	500	2.35	2.452	12	84	4.17	16.135	74.172	4.167	468	1604.17	1644.27	14	3.556	462.393
(B)	6.45	5.82	5.5	1178	1185	682	503	2.34	2.452	12	84	4.50	16.422	72.625	4.496	607	2080.74	1968.38	16	4.064	484.346
(C)	6.43	5.82	5.5	1179	1190	687	503	2.34	2.452	12	84	4.41	16.351	73.002	4.414	582.5	1996.80	1896.96	16	4.064	466.772
3%(A)	6.57	5.82	5.5	1179	1187	685	502	2.35	2.452	12	84	4.22	16.185	73.901	4.224	630.7	2161.95	1978.18	14	3.556	556.294
(B)	6.39	5.82	5.5	1174	1185	686	499	2.35	2.452	12	84	4.06	16.038	74.705	4.057	615	2108.04	2053.23	17	4.318	475.505
(C)	6.68	5.82	5.5	1180	1187	686	501	2.36	2.452	12	84	3.95	15.946	75.219	3.952	615.2	2108.72	1862.00	18	4.572	407.262
4%(A)	6.73	5.82	5.5	1185	1191	688	503	2.36	2.452	12	84	3.93	15.926	75.335	3.928	325	1114.00	978.09	18	4.572	213.931
(B)	6.47	5.82	5.5	1186	1191	689	502	2.36	2.452	12	84	3.66	15.687	76.698	3.655	500	1713.85	1611.02	18	4.572	352.366
(C)	6.53	5.82	5.5	1187	1192	687	505	2.35	2.452	12	84	4.15	16.117	74.269	4.147	327	1120.86	1041.28	15	3.81	273.302
5%(A)	6.42	5.82	5.5	1187	1194	693	501	2.37	2.452	12	85	3.38	15.447	78.108	3.382	563	1929.79	1841.02	16	4.064	453.007
(B)	6.4	5.82	5.5	1180	1187	688	499	2.36	2.452	12	84	3.57	15.609	77.151	3.567	481	1648.72	1582.77	18	4.572	346.188
(C)	6.47	5.82	5.5	1184	1190	691	499	2.37	2.452	12	85	3.24	15.323	78.858	3.240	459.9	1576.382	1481.80	19	4.826	307.045



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JENIS CAMPURAN : ASPAL KARET DENGAN RENDAMAN
TANGGAL : 10 - 15 MEI 1999

DIKERJAKAN OLEH : IMAN dan BENNY

No Sampel	t Tebal Bd. Uji	a % aspal thd batuan	b % aspal thd camp	c Berat kering	d Berat SSD	e Berat dlm air	f Vol	g Berat isi sampel	h BJ maks	i	j	k Jml kand rongga	l Rongga thd agg	m VFWA	n Rongga terisi camp	o Stab arloji	p Stab kalibrasi	q Stab koreksi	r Flow arloji	s Flow	u Marshall Quotient
1%(A)	6.38	5.82	5.5	1181	1192	686	506	2.33	2.452	12	83	4.82	16.706	71.148	4.820	410	1405.357	1371.63	12	3.048	450.009328
(B)	6.38	5.82	5.5	1185	1196	689	507	2.34	2.452	12	83	4.69	16.589	71.8	4.686	445	1525.327	1488.72	15	3.81	390.739807
(C)	6.3	5.82	5.5	1181	1193	688	505	2.34	2.452	12	83	4.63	16.541	72	4.632	475	1628.158	1647.70	14	3.556	463.356409
2%(A)	6.39	5.82	5.5	1181	1189	685	504	2.34	2.452	12	84	4.44	16.376	72.9	4.442	484.1	1659.483	1606.38	16	4.064	395.270617
(B)	6.36	5.82	5.5	1180	1190	687	503	2.35	2.452	12	84	4.33	16.280	73.4	4.333	529.1	1813.452	1791.69	18	4.572	391.883351
(C)	6.24	5.82	5.5	1180	1189	686	503	2.35	2.452	12	84	4.33	16.280	73.4	4.333	510	1748.127	1795.33	16	4.064	441.763393
3%(A)	6.37	5.82	5.5	1183	1191	688	503	2.35	2.452	12	84	4.09	16.067	74.5	4.090	534.2	1831.036	1801.74	17	4.318	417.262535
(B)	6.44	5.82	5.5	1185	1193	689	504	2.35	2.452	12	84	4.12	16.092	74.4	4.119	585.2	2005.869	1903.57	17	4.318	440.845329
(C)	6.34	5.82	5.5	1185	1192	688	504	2.35	2.452	12	84	4.12	16.092	74.4	4.119	505	1730.989	1732.72	15	3.81	454.782018
4%(A)	6.33	5.82	5.5	1187	1193	691	502	2.36	2.452	12	84	3.57	15.616	77.112	3.574	298.5	1023.024	1031.21	18	4.572	225.548706
(B)	6.24	5.82	5.5	1189	1185	688	501	2.37	2.452	12	85	3.22	15.305	78.968	3.219	451.3	1546.784	1587.00	17	4.318	367.53133
(C)	6.3	5.82	5.5	1187	1195	696	503	2.36	2.452	12	84	3.77	15.784	76.14	3.766	293.2	1005.008	1017.07	18	4.572	222.455949
5%(A)	6.34	5.82	5.5	1194	1195	692	503	2.37	2.452	12	85	3.20	15.287	79.078	3.198	515	1765.266	1770.56	20	5.08	348.535688
(B)	6.34	5.82	5.5	1186	1194	691	503	2.36	2.452	12	84	3.85	15.855	75.736	3.847	481	1648.724	1652.02	18	4.572	361.334459
(C)	6.48	5.82	5.5	1189	1191	690	501	2.37	2.452	12	85	3.22	15.305	78.968	3.219	410	1405.357	1318.22	17	4.318	305.285981