

**STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON  
DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT MILAN TANPA  
DAN DENGAN PENAMBAHAN FIBER**

*STUDY ON THE CONCRETE – ASPHALT  
CHARACTERISTICS USING MILAN’S AGGREGATES  
WITH AND WITHOUT FIBERS*

**ROBERT MANGONTAN**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2008**

**STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON  
DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT MILAN TANPA  
DAN DENGAN PENAMBAHAN FIBER**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister**

Program Studi  
Teknik Sipil

**Disusun dan diajukan oleh**

Robert Mangontan

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2008**

## TESIS

### **STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT MILAN TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN FIBER**

Disusun dan diajukan oleh

**Robert Mangontan**

**No. Pokok : P2302206006**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 4 September 2008  
dan telah dinyatakan memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

---

Prof.Dr.Ir. Lawalenna S, Ms. M.Eng

Ketua

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

---

Dr. Rudy Djamaluddin, ST.M.Eng

Anggota

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin

---

Prof.Dr.Ing. Herman Parung, M.Eng

---

Prof.Dr.dr. Abd. Razak Thaha, M.Sc

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Robert Mangontan  
Nomor mahasiswa : P2302206006  
Program Studi : Teknik Sipil Konsentrasi Transportasi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Agustus 2008

Yang menyatakan

Robert Mangontan

## ABSTRAK

**ROBERT MANGONTAN.** *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Agregat Milan Tanpa Dan Dengan Penambahan Fiber* (dibimbing oleh Lawalenna Samang dan Rudy Djamaluddin).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi karakteristik campuran perkerasan jalan beton aspal dengan agregat Milan, penambahan fiber dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Penambahan *fiber C-Glass Woven Roving* 600 g/m<sup>2</sup> (China), berfungsi sebagai tulangan yang mempunyai kekuatan/tegangan putus dan daya serap yang tinggi. Pemanfaatan fiber sebagai bahan tambah, difokuskan pada peningkatan kualitas campuran, khususnya kekuatan (stabilitas), mengurangi rongga dalam campuran, sehingga kedap air, dan bertahan sesuai umur rencana.

Penggabungan agregat kasar dan halus tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga, sebabg memotong kurva fuller dua kali, antara saringan No. 100 dan No. 50 serta No. 8 dan No. 4. untuk menggunakan agregat Milan dibuatkan rancangan agregat campuran yang berada di atas kurva fuller dengan komposisi agregat kasar 51%, agregat halus 40%, dan filler (abu batu) 9%. Studi ini bertujuan mengkaji secara teknis pemanfaatan agregat Milan untuk campuran lapisan beton aspal, tanpa fiber untuk menentukan kadar optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal dari 5.5% - 8.0% dengan tingkat kenaikan 0.5%. Dan penambahan fiber dengan variasi 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, dan 1 %, setelah kadar aspal optimum (KAO) ditentukan.

Penelitian ini menghasilkan 1). Pengujian marshall tanpa fiber diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 7%, dan karakteristik marshall yaitu : stabilitas 1708,35 kg; flow 3,38 mm; VIM 4,31 %; VMA 17,85 % dan MQ 506,57 kg/mm. 2). Pengujian marshall penambahan fiber dengan kadar aspal optimum (KAO) 7 %, diperoleh variasi fiber yang paling memungkinkan pada variasi 0,25 % dengan stabilitas 1444,99 kg, flow 3,28 mm; VIM 3,77 %; VMA 17,39 % dan MQ 441,36 kg/mm. 3). Hasil pengujian marshall immersion menunjukkan indeks kekuatan sisa (IKS) tanpa fiber 68,32% dan indeks kekuatan sisa penambahan fiber 91,44 %, sedangkan nilai standar sesuai spesifikasi Bina Marga adalah minimum 75%.

## ABSTRACT

**ROBERT MANGONTAN.** *Study on The Concrete – Asphalt Characteristics using Milan’s Aggregates With and Without Fibers* (supervised by **Lawalenna Samang** and **Rudy Djamaluddin**).

The research was carried out to analyze and evaluate the characteristics of concrete-asphalt mixtures using Milan’s aggregates, using asphalt of 60/70 penetration. The addition of fibers C–Glass Woven Roving 600 g/m<sup>2</sup> (ex China) was intended as reinforcement due to high tensile strength and high absorption. The fibers can increase the quality of mixtures (strength), decrease voids in mixtures, so the mixtures will be become more water-proof and long-lasting as designed.

The mixing of the fines and coarses aggregates didn’t comply with Bina Marga requirements because the fuller curve was cut twice, namely between sieves No. 100 – No. 50 and No. 8 – No. 4. In order to comply with the requirements, several mixing composition had been tried and it was found that the best composition is 51 % coarse aggregates, 40 % fine aggregates and 9 % filler. In the laboratory experimental study, the percentage of asphalt was varied between 5.5– 8 % with 0,5 % increment. The percentage of fibers used were 0.25 %, 0.50 %, 0.75 % and 1 %.

The research reveals that : 1). Marshall test without fibers and with the maximum asphalt content is 7 % : stability 1708.35 kg; flow 3.38 m, VIM 4.31 %, VMA 17.85 %, MQ 506.57 kg/mm. 2). Marshall test with fibers and for 7 % asphalt content and with 0.25 % fibers (the best combination) : stability 1444.99 kg, flow 3.28 mm, VIM 3.77 %, VMA 17.39 % and MQ 441.36 kg/mm. 3). The immersion Marshall test shows that the residual strength index without fibers is 68.32 % and 91.44 % with fibers (higher than the specified value according to Bina Marga, namely 75%).

## PRAKATA

Dengan segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan selesainya tesis ini.

Gagasan yang melatar belakangi tajuk permasalahan ini, timbul dari hasil pengamatan penulis, bahwa kebanyakan konstruksi pekerasan lentur jalan sebelum mencapai umur rencana mengalami kerusakan-kerusakan, misalnya retak-retak, pelepasan butir, berlubang dan lain sebagainya, yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang berlebihan, air hujan, dan tanah dasar, sehingga terjadi deformasi plastis pada permukaan jalan, sehingga lapisan permukaan jalan menjadi retak-retak dan akhirnya terjadi kerusakan berat, dan para pengguna jalan merasa tidak aman dan nyaman melalui jalan tersebut.

Banyak masalah yang dihadapi penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, tetapi berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tesis ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Lawalenna Samang, MS. M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Bapak Dr. Ir. Rudy Djamaluddin, M.Eng sebagai Anggota Komisi Penasehat atas bantuan dan bimbingannya, baik pada pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan tesis ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Ketua Program Teknik Sipil Program

Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Ketua Konsentrasi Teknik Sipil Transportasi, Ketua Jurusan Teknik Sipil UKI Paulus, Kepala Laboratorium Jalan dan Aspal UKI Paulus, Laboran, dan adik-adik mahasiswa yang telah membantu dalam proses pengambilan bahan penelitian dan pelaksanaan penelitian di laboratorium.

Penulis sangat berterima kasih kepada keluarga yang turut membantu secara moril terutama istri dan anak-anak yang tercinta.

Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih banyak kekurangan, olehnya itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan tesis ini.

Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bidang Teknik Transportasi.

Makassar, Agustus 2008

Robert Mangontan

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK DALAM BAHASA INDONESIA	vii
ABSTRACT DALAM BAHASA INGGRIS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
Bab I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
F. Hipotesis	6
Bab II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Perkerasan Beton Aspal	7
B. Karakteristik Beton Aspal	8
C. Beton Aspal Campuran Panas	12
D. Gradasi Agregat Gabungan	15

E. Karakteristik Aspal	22
F. Sifat – Sifat Dasar Campuran Aspal	24
G. Desain Campuran Lapisan Beton Aspal	25
H. Serat Fiber	31
I. Koefisien Kekuatan Relatif ( $a_1$ )	32
J. Kerangka Konseptual	35
Bab III METODE PELAKSANAAN PENELITIAN	36
A. Metode Penelitian	36
B. Lokasi Pengambilan Sampel	38
C. Metode Pengambilan Sampel	38
D. Rancangan Penelitian	39
E. Metode Pengujian dan Analisis	43
F. Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif	45
Bab IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
A. Karakteristik Agregat dan Aspal	46
B. Desain Campuran Perkerasan	55
C. Karakteristik Campuran Perkerasan	66
D. Kekuatan Campuran	73
Bab V. KESIMPULAM DAN SARAN	77
A. Kesimpulan	77
B. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN-LAMPIRAN	82

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
A1. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	82
A2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	83
A3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	84
A4. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	85
A5. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Filler (Abu Batu)	86
A6. Hasil Pengujian Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Alat Abrasi Los Angeles	87
A7. Hasil Pengujian Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	91
A8. Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir	92
A9. Hasil Pengujian Pemeriksaan Indeks Kepipihan Dan Kelonjongan	93
A10. Hasil Pengujian Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan	94
B1. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat	95
B2. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Berat	96
B3. Hasil Pengujian Penurunan Berat Aspal	97
B4. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	98
B5. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal	99
B6. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	100
B7. Hasil Pengujian Daktilitas (Kelenturan) Aspal	101
B8. Hasil Pengujian Pemeriksaan Viskositas	102

C. Angka Korelasi Stabilitas	104
D. Foto-foto Dokumentasi	105

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Nomor</b>	<b>halaman</b>
1. Grafik titik kontrol, daerah larangan, dan kurva fuller	21
2. Kemungkinan bentuk kurva VMA	29
3. Grafik variasi bitumen dengan parameter tegangan	33
4. Grafik hubungan antara modulus elastisitas dengan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ )	34
5. Bagan alir kerangka konseptual	35
6. Bagan alir metode penelitian	37
7. Grafik pemeriksaan analisa saringan agregat	49
8. Grafik agregat gabungan	51
9. Grafik kurva rancangan gradasi agregat campuran	53
10. Grafik penentuan kadar aspal optimum (KAO)	60
11. Grafik penentuan kadar fiber maksimal dengan kadar Aspal optimum 7 %	63
12. Grafik variasi bitumen dengan Parameter tegangan	74
13. Grafik hubungan antara modulus elastisitas dengan Koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ )	75

**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>halaman</b>
1. Ketentuan agregat kasar	14
2. Ketentuan agregat halus	15
3. Gradasi agregat untuk campuran beton aspal	16
4. Titik kontrol, kurva fuller, dan daerah larangan	20
5. Persyaratan aspal penetrasi 60/70	23
6. Ketentuan sifat-sifat campuran beton aspal	25
7. Spesifikasi C – glass woven roving 600 – m <sup>2</sup>	32
8. Perhitungan benda uji perkiraan kadar aspal optimum	41
9. Perhitungan benda uji dengan penambahan serat fiber	42
10. Spesifikasi marshallcampuran lapis beton aspal	42
11. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar	46
12. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus	46
13. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus	47
14. Penentuan proporsi agregat gabungan	50
15. Komposisi gradasi agregat rancangan campuran	52
16. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal	55
17. Perhitungan berat aspal dan agregat	56
18. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat	57
19. Hasil pemeriksaan marshall standar tanpa serat fiber	59

20. Hasil pemeriksaan marshall standar penambahan serat fiber	62
21. Hasil pemeriksaan marshall immersion	65

## DAFTAR NOTASI

AC	= <i>Asphalt Concrete</i>
AC – WC	= <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Materials</i>
C	= Konstanta
C.st	= <i>Centi Stoke</i>
Filler	= Bahan pengisi
Flow	= Kelelehan
GA	= Berat Jenis Aspal
Gmb	= Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> ) Dari Campuran Beraspal
Gmm	= Berat Jenis Maksimum Teoritis Dari Campuran Beraspal
Gsb	= Berat Jenis Curah Dari Agregat Total
KAO	= Kadar Aspal Optimum
Kurva Fuller	= Garis gradasi agregat yang paling rapat yang memiliki nilai VMA terkecil.
LP	= Luas permukaan total dari agregat campuran di dalam beton aspal padat
LASTON	= Lapis Beton Aspal
LATASIR	= Lapis Tipis Aspal Pasir
LATASTON	= Lapis Tipis Aspal Beton
MQ	= <i>Marshall Quetient</i>
PEN	= Penetrasi
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Surface Saturated Dry</i>
VIM	= <i>Voids in the Mixture</i>
VMA	= <i>Voids in the Mineral Agregate</i>
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Jalan salah satu prasarana transportasi darat yang sangat penting dalam usaha pengembangan wilayah, kehidupan masyarakat, berbangsa dan bernegara, membina kesatuan dan persatuan bangsa untuk mencapai masyarakat yang adil dan makmur, sesuai tujuan bangsa Indonesia. Jalan juga mempunyai peranan penting dalam bidang ekonomi, sosial, politik, pariwisata, keamanan dan pertahanan. (Adisasmita. R. 2005)

Oleh karena itu pembangunan prasarana transportasi darat perlu dibangun yang baru untuk menghubungkan kabupaten-kabupaten, provinsi-provinsi dalam suatu pengembangan wilayah dan peningkatan peranan jalan yang sudah ada, apalagi dengan meningkatnya permintaan akan kebutuhan angkutan orang dan barang, maka pemerintah harus memperhatikan akan prasarana transportasi darat untuk dapat mengangkut orang dan barang dengan aman, nyaman, cepat, dan tepat, sampai ditujuan.

Dengan melihat kondisi jalan di Provinsi Sulawesi Selatan khususnya di Kabupaten Tana Toraja dan sekitarnya yang hampir setiap tahunnya mengalami kerusakan-kerusakan permukaan jalan, dimana umur rencana belum tercapai, sehingga diperlukan perbaikan-perbaikan, utamanya pada lapisan permukaan yang berhubungan langsung dengan

roda kendaraan, yang mengalami gesekan, keausan, sehingga lapisan permukaan cepat mengalami kerusakan retak-retak, pelepasan butir, dan berlubang, sehingga perlu diberi pelapisan tambahan (*overlay*), yang mengakibatkan biaya pembangunan, pemeliharaan, dan perbaikan jaringan jalan menjadi mahal.

Lapisan permukaan yang sering digunakan saat ini adalah jenis campuran aspal panas yaitu : Lapisan Beton Aspal (Laston) atau Aspal Semen (*Asphalt Concrete*), Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) atau HRS (*Hot Rolled Sheet*) dan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir), penggunaan berbagai campuran lapisan tersebut diatas, mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk mendapatkan ketahanan (*stabilitas*) lapis permukaan jalan selama umur rencana (Dep. Pekerjaan Umum 2007)

Pada ruas-ruas jalan yang baru selesai dikerjakan, banyak mengalami kerusakan, misalnya : retak, perubahan bentuk, dimana penyebabnya adalah, mungkin perencanaan yang tidak tepat, pencampuran agregat dengan aspal yang tidak sesuai, pelaksanaan dilapangan yang tidak tepat (tidak sesuai dengan spesifikasi) dan lain sebagainya. (Yamin 2002)

Kerusakan-kerusakan lapisan permukaan jalan dapat juga disebabkan oleh bahan perkerasan kurang baik, pelapukan material, tanah dasar, air tanah, perkerasan dibawah lapis permukaan kurang stabil, sokongan dari samping/bahu jalan kurang, penyusutan tanah dasar, drainase kurang baik atau tidak berfungsi, pencampuran aspal,

agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang tidak sesuai, perencanaan tebal lapisan perkerasan yang tidak tepat, beban kendaraan yang melampaui batas kekuatan jalan, penggunaan koefisien kekuatan relatif yang tidak sesuai dan lain sebagainya.

Penggunaan koefisien kekuatan relatif lapisan aspal beton (*laston*), yang digunakan pada perhitungan tebal perkerasan lentur, pada Metode Analisa Komponen, apakah koefisien kekuatan relatif tersebut, cocok digunakan untuk perencanaan perkerasan lapisan permukaan jalan (*laston*) pada daerah lain, misalnya untuk daerah Tana Toraja dan sekitarnya, dimana agregat yang digunakan untuk lapisan permukaan jalan diambil dari lokasi Sungai Sadang, Dusun Milan, Kelurahan Kamali, Kecamatan Makale, Kabupaten Tana Toraja Provinsi Sulawesi Selatan, yang di olah menjadi agregat kasar, agregat halus dan abu batu.

Untuk itu penulis akan meneliti apakah koefisien kekuatan relatif, lapisan aspal beton (*Laston*) yang digunakan untuk menghitung tebal perkerasan lentur pada metode AASTHO, Metode Analisa Komponen, dapat juga digunakan, jika menggunakan agregat Milan Kabupaten Tana Toraja Provinsi Sulawesi Selatan,

Walaupun demikian dalam penggunaan agregat kasar, agregat halus, aspal, dan *filler* (abu batu) telah sesuai dengan spesifikasi pencampuran aspal beton dan pelaksanaan telah sesuai, masih sering terjadi kerusakan pada lapisan permukaan jalan. Oleh sebab itu perlu dipikirkan bahan tambah kedalam campuran lapisan aspal beton yang

dapat mengatasi kerusakan-kerusakan pada lapisan permukaan jalan, sehingga umur rencana penggunaan jalan bisa tercapai atau lebih lama, misalnya di beri bahan tambah fiber pada persentase tertentu dari berat campuran beton aspal yang berfungsi sebagai tulangan untuk menahan retak. sehingga penulis memilih judul **“STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT MILAN TANPA DAN DENGAN PENAMBAHAN FIBER”**

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik agregat material campuran lokasi Milan Tana Toraja.
2. Bagaimana karakteristik campuran lapisan aspal beton, tanpa dan dengan penambahan fiber.
3. Bagaimana koefisien kekuatan relatif campuran lapisan aspal beton agregat Milan Tana Toraja, tanpa dan dengan penambahan fiber.

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui karakteristik agregat, material campuran lokasi Milan Tana Toraja
2. Untuk mengevaluasi dan menganalisis karakteristik campuran lapisan aspal beton tanpa dan dengan penambahan fiber.

3. Untuk menentukan koefisien kekuatan relatif campuran lapisan aspal beton, tanpa dan dengan penambahan fiber.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat berupa :

1. Bahan masukan bagi para perencana, untuk menghitung tebal perkerasan jalan dengan menggunakan agregat Milan Tana Toraja.
2. Bahan masukan pemerintah Kabupaten Tana Toraja, khususnya Dinas Pekerjaan Umum.
3. Memberi masukan/menambah pengetahuan bagi para pembaca mengenai agregat Milan Tana Toraja, tanpa fiber dan dengan fiber.

#### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Dengan kompleksnya permasalahan pada penelitian ini, maka penulis memberi batasan/ruang lingkup sebagai berikut :

1. Pengujian karakteristik agregat Milan Tana Toraja
2. Pengujian *marshall* campuran aspal beton, tanpa fiber dan penambahan fiber 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, dan 1,00 %
3. Penentuan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ), untuk campuran lapis aspal beton, tanpa fiber dan dengan fiber.
4. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.

5. Fiber yang digunakan, jenis *C – glass woven roving* 600 g/m<sup>2</sup>.

### **F. Hipotesis**

Pada penelitian ini, dapat memberi hasil sebagai berikut :

1. Penambahan fiber dapat memperbaiki karakteristik campuran aspal beton.
2. Penambahan fiber mempengaruhi karakteristik *marshall* standar maupun *marshall immersion*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Perkerasan Beton Aspal

Lapisan aspal beton (Laston) adalah lapisan permukaan konstruksi perkerasan lentur jalan yang mempunyai nilai struktural. Lapisan tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*fille*) dengan aspal keras, dicampur pada tempat pencampuran AMP (*Asphalt Mixing Plant*), diangkut ke lokasi pekerjaan, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Kekuatan perkerasan lapisan aspal beton diperoleh dari kualitas agregat yang digunakan dan dari struktur agregat yang saling mengunci, menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama lapis tipis aspal diantara butiran agregat. Oleh sebab itu lapisan aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku, yaitu tahan terhadap pelelehan plastis namun cukup peka terhadap retak, sehingga dengan demikian campuran ini cukup peka terhadap variasi kadar aspal dan perubahan gradasi agregat.

Lapisan aspal beton Lapis Aus (*Wearing Course*) adalah merupakan lapisan paling atas dari susunan lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan dibawahnya. Disamping sebagai pendukung beban lalu lintas, lapisan ini

berfungsi sebagai pelindung konstruksi lapisan dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin, tidak bergelombang dan sebagainya.

## **B. Karakteristik beton aspal**

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh lapisan aspal beton adalah stabilitas, keawetan (*durabilitas*), kelenturan (*fleksibilitas*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air (*impermeabilitas*), dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

### **1. Stabilitas**

*Stabilitas* adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tidak perlu stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- **Gesekan internal**, yang dapat berasal dari kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antara butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film

aspal. Stabilitas terbentuk dari kondisi gesekan internal yang terjadi di antara butir-butir agregat, saling mengunci dan mengisinya butir-butir agregat, dan masing-masing butir saling terikat, akibat gesekan antara butir dan adanya aspal. Kepadatan campuran menentukan pula tekanan kontak, dan nilai stabilitas campuran. Pemilihan agregat bergradasi baik atau rapat akan memperkecil rongga antara agregat, sehingga aspal yang dapat ditambahkan dalam campuran menjadi sedikit. Hal ini berakibat film aspal menjadi tipis. Kadar aspal yang optimal akan memberikan nilai stabilitas yang maksimum.

- **Kohesi**, adalah gaya ikat aspal yang berasal dari gaya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antara butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal. Sifat *reologi* aspal menentukan kepekaan aspal untuk mengeras dan rapuh, yang akan mengurangi daya kohesinya.

## **2. Keawetan (*Durabilitas*)**

Keawetan adalah kemampuan lapisan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam

campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

### **3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)**

Kelenturan adalah kemampuan lapisan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat penurunan sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

### **4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue resistance*)**

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan lapisan beton aspal menerima lendutan akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

### **5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid resistance*)**

Kekesatan adalah kemampuan permukaan lapisan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butiran agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

### **6. Kedap air (*impermeabilitas*)**

Kedap air adalah kemampuan lapisan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas lapisan beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

### **7. Mudah dilaksanakan (*workability*)**

Mudah dilaksanakan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam

pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas, dan fleksibilitas yang rendah, dari pada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

### **C. Beton Aspal Campuran Panas**

#### **1. Agregat**

Agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan menyerap air, berat jenis, dan

daya kelekatan dengan aspal. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. (Silvia Sukirman 2007). Agregat yang digunakan pada penelitian ini diambil dari sungai Saddang di dusun Milan kelurahan Kamali kecamatan Makale kabupaten Tana Toraja, hasil stone crusher PT. Sabar Jaya, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan abu batu. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, karena jumlah yang dibutuhkan dalam campuran perkerasan berkisar antara 90% - 95% agregat, berdasarkan persentase berat total campuran, atau 75% - 85% agregat, berdasarkan persentase volume campuran. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Disamping dari segi jumlahnya agregat juga berperan penting terhadap daya dukung perkerasan jalan, yang sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan suatu agregat untuk material perkerasan jalan sangat ditentukan oleh ketersediaan material, kualitas dan harga material serta jenis konstruksi yang akan digunakan.

## **2. Agregat kasar**

Fungsi agregat kasar adalah memberikan stabilitas campuran, dengan kondisi saling mengunci dan masing-masing partikel agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah. Agregat kasar untuk rancangan campuran dengan ukuran butir lebih besar atau yang tertahan saringan no.8 (2,36 mm), dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung

atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan agregat kasar

PENGUJIAN	STANDAR	NILAI
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI - 03 - 2417 - 1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI - 03 - 2439 - 1991	Min. 95 %
Angularitas kasar	SNI - 03 - 6877 - 2002	95/90 (*)
Partikel pipih dan lonjong (**)	ASTM D - 4791	Maks. 10 %
Material lolos saringan No. 200	SNI - 03 - 4142 - 1996	Maks. 1 %

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2007

Catatan.

(\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(\*\*) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5

### 3. Agregat halus

Fungsi utama agregat halus adalah untuk memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen, campuran melalui friksi dan perilaku, yaitu dengan memperkuat sifat saling mengunci dan mengisi rongga antar butir agregat kasar serta menaikkan luas permukaan dari agregat yang dapat diselimuti aspal, sehingga menambah keawetan perkerasan. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 (2,36 mm), dan tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm) yaitu fraksi agregat halus hasil pecahan mesin, atau pasir dengan persentase maksimum yang disarankan untuk Laston (AC) adalah sebesar 15 %. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan lainnya yang tidak dikehendaki dan memenuhi ketentuan pada tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan agregat halus

PENGUJIAN	STANDAR	NILAI
Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	Min. 50%
Material Lolos Saringan No. 200	SNI 03 - 4142 - 1996	Maks. 8 %
Angularitas	SNI 03 - 6877 - 2002	Min. 45 %

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2007

#### 4. Filler

Bahan pengisih atau filler yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*Limestone Dust*), semen Portland, abu terbang, abu tanur semen, abu batu atau bahan non plastis lainnya. Fungsi dari bahan pengisi adalah untuk mengurangi kepekaan campuran terhadap temperatur. Penggunaan bahan pengisi harus dibatasi, jika terlalu banyak menyebabkan campuran getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya jika terlalu rendah akan menghasilkan campuran lunak dan tidak tahan cuaca. Bahan pengisi, harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI M-02-1994-03 harus mengandung bahan yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya. (Dept. Pekerjaan Umum, 2007)

#### D. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran yang akan digunakan adalah Laston Lapis Aus (*AC Wearing Course*), yaitu harus memenuhi batas-batas gradasi agregat seperti tercantum pada Tabel 3. Pada campuran Laston selain batasan titik kontrol, terdapat persyaratan khusus yaitu kurva Fuller dan daerah larangan. Kombinasi agregat dianjurkan tidak berimpit

dengan kurva Fuller, yaitu kurva gradasi dimana kondisi campuran memiliki kepadatan maksimum dengan rongga di antara mineral agregat (VMA) yang minimum. Selain itu juga kombinasi agregat dianjurkan menghindari daerah larangan (Dept. Pekerjaan Umum, 2007)

Campuran bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan gradasi senjang. Hal ini menyebabkan campuran Laston lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Kepekaan ini dapat dikurangi dengan menggeser sebagian gradasi menjauh keatas atau sebagian gradasi ada dibawah kurva Fuller. Diatas kurva Fuller gradasi agregat cenderung lebih halus dan lebih mudah dipadatkan, tetapi ketahanan terhadap deformasi relatif lebih rendah. Dibawah kurva Fuller gradasi agregat mempunyai tekstur lebih kasar serta cenderung sulit dipadatkan, tetapi tahan terhadap deformasi.

Tabel 3. Gradasi agregat untuk campuran beton aspal

Ukuran		% Berat Yang Lolos						
Ayakan		Latasir (SS)		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5							100
1"	25						100	90 - 100
¾"	19	100	100	100	100	100	90 - 100	Maks.90
½"	12,5			90 - 100	90 - 100	90 - 100	Maks.90	
3/8"	9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 100	Maks.90		
No.8	2,36		75 - 100	50 - 72'	35 - 55'	28 - 58	23 - 49	19 - 45
No.16	1,18							
No.30	0,600			35 - 60	15 - 35			
No.200	0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8	3 - 7
						<b>DAERAH LARANGAN</b>		
No.4	4,75							39,5
No.8	2,36					39,1	34,6	26,8 - 30,8
No.16	1,18					25,6 - 31,6	22,3 - 28,3	18,1 - 24,1
No.30	0,600					19,1 - 23,1	16,7 - 20,7	13,6 - 17,6
No.50	0,300					15,5	13,7	11,4

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2007

Catatan :

Untuk AC, digunakan titik kontrol gradasi agregat, berfungsi sebagai batas-batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi-gradasi tersebut. Batas-batas gradasi ditentukan pada ayakan ukuran nominal maksimum, ayakan menengah (2,36 mm) dan ayakan terkecil (0,075 mm)

Menurut SHRP (*Strategic Highway Research Program*) 1994 daerah larangan mempunyai dua tujuan sebagai berikut :

1. Membatasi penggunaan pasir alam yang menyebabkan gradasi bongkok pada ayakan no.30 (0,6 mm).
2. Mengurangi kemungkinan gradasi yang berada pada garis kepadatan (*Density*) maksimum, sehingga seringkali tidak mempunyai rongga yang cukup diantara mineral agregat (VMA).

Kombinasi gradasi campuran yang berada dibawah daerah larangan bukanlah merupakan keharusan. Superpave (*Superior Performing asphalt Pavements*) mengijinkan tetapi tidak menyarankan campuran yang mempunyai kurva gradasi diatas daerah larangan (The Asphalt Institute, 1996).

Dalam campuran beton aspal ada beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam penetapan gradasi yang digunakan. Syarat-syarat tersebut adalah:

1. Gradasi harus terletak dalam titik-titik kontrol.
2. Gradasi harus terletak sejauh mungkin dari kurva Fuller dan hanya boleh memotong kurva Fuller satu kali.
3. Gradasi tidak boleh memotong daerah hitam atau daerah larangan (*restricted Zone*).
4. Gradasi tidak boleh bongkok.

5. Pembatasan pemakaian pasir alam.
6. Perbedaan Berat Jenis Agregat harus  $< 0,2$

### 1. Titik kontrol

Dalam gradasi tidak dikenal amplop atau pita gradasi seperti yang selama ini terdapat dalam spesifikasi lama sebagai batasan terluar gradasi. Dalam campuran beton aspal ini batasan gradasi hanya diberikan dalam bentuk beberapa titik kontrol, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Dengan titik-titik kontrol ini diharapkan penentuan gradasi dapat lebih luwes tetapi dengan tidak mengabaikan persyaratan gradasi lainnya seperti yang telah disebutkan di atas.

### 2. Kurva fuller

Kurva garis Fuller adalah garis gradasi agregat yang paling rapat yang memiliki nilai VMA terkecil. Gambar 1 menunjukkan bentuk kurva Fuller yang ditampilkan baik dalam grafik berskala log maupun dalam skala biasa.

Dalam gambar tersebut garis Fuller digambarkan dengan menggunakan persamaan :

$$P = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^{0,45} \quad (1)$$

Keterangan :

P = Persen lolos saringan dengan bukaan saringan d mm

D = Ukuran maksimum agregat dalam campuran, mm

d = Ukuran saringan yang ditinjau

Gradasi agregat yang mengikuti garis Fuller merupakan gradasi terpadat dimana material halus akan mengisi rongga antar agregat. Bila garis gradasi agregat berada di atas kurva Fuller maka kita akan mendapatkan gradasi halus dimana volume fraksi agregat halus lebih besar dari volume rongga antar agregat kasar. Gradasi seperti ini disebut gradasi matrik pasir (*sand matrix gradation*). Sebaliknya gradasi kasar didapatkan bila gradasi berada jauh dibawah kurva Fuller. Pada gradasi ini, jumlah fraksi halus agregat tidak mencukupi untuk mengisi seluruh rongga antar agregat kasar. Gradasi seperti ini disebut gradasi bermatrik batu (*stone matrix gradation*).

Gradasi campuran beraspal jenis AC dan HRS adalah gradasi bermatriks pasir. Pada gradasi jenis ini, semakin jauh letak gradasi dari kurva Fuller semakin halus atau kasar gradasi yang didapat dan semakin besar nilai VMA yang dihasilkan. Gradasi yang terlalu halus tidak dapat mendukung lalu lintas berat, sebaliknya gradasi yang sangat kasar akan menimbulkan masalah disintergrasi agregat. Oleh sebab itu jauhnya letak gradasi dari kurva Fuller harus dibatasi.

### **3. Daerah hitam atau daerah larangan (*Restricted Zone*)**

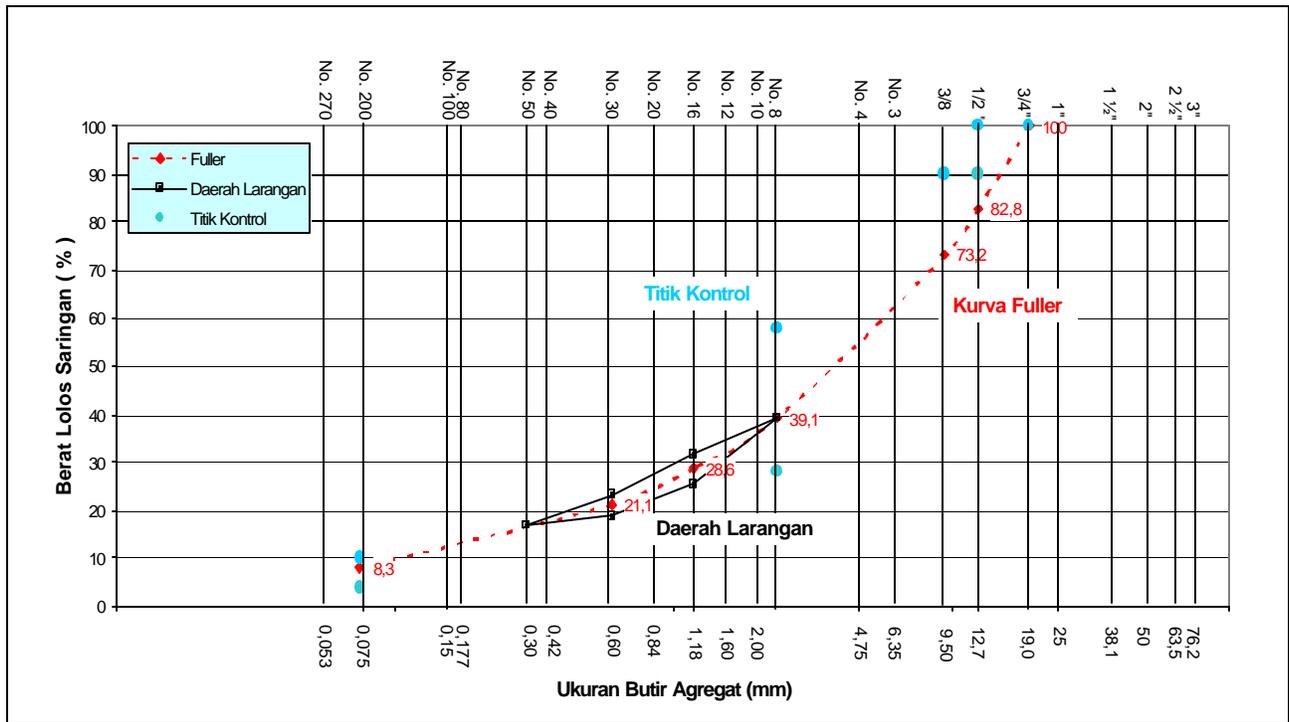
Pemakaian "Daerah Hitam" dalam persyaratan gradasi dikembangkan oleh SHRP (*Strategic Highway Research Program*) Superpave (*Superior Performing asphalt Pavements*) untuk mencegah diperolehnya campuran beraspal yang lunak dan rentan terhadap deformasi plastis (David, 1997 dalam Yamin AR, 2002)

Daerah hitam ini terletak pada kurva *fuller* antara saringan No. 50 ukuran 0,30 mm dan saringan No.8 ukuran 2,36 mm, yang bentuk tipikalnya seperti yang diberikan pada gambar 1. Batasan-batasan daerah hitam ini berbeda-beda untuk campuran aspal panas (AC-WC, AC-BC, dan AC-Base). Batasan-batasan ini secara jelas dapat dilihat pada spesifikasi baru campuran aspal panas tabel 4.

Tabel 4. Titik kontrol, kurva fuller dan daerah Larangan

UKURAN AYAKAN		% BERAT YANG LOLOS LASTON (AC)	
ASTM	(mm)	WC	FULLER
1"	25		100
3/4"	19	100	87,8
1/2"	12,5	90 - 100	73,2
3/8"	9,5	Maks. 90	64,2
No.4	4,75		47
No.8	2,36	28 - 58	34,5
No.16	1,18		25,1
No.30	0,6		18,5
No.200	0,075	4 - 10	13,6
DAERAH LARANGAN			
No.4	4,75		53,6
No.8	2,36	39,1	39,1
No.16	1,18	25,6 - 31,6	28,6
No.30	0,6	19,1 - 23,1	21,1
No.50	0,3	15,5	15,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1999



Gambar 1. Grafik titik kontrol, daerah larangan, dan kurva fuller

### **E. Karakteristik Aspal**

Aspal atau bitumen adalah zat perekat berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, dan *pitch* dan ini sebagai material bahan pengikat dan yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat adalah aspal.

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10 % berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15 % berdasarkan volume campuran.

Aspal untuk Lapis Aspal Beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 60/70 atau 80/100 yang seragam, tidak mengandung air, bila dipanaskan sampai dengan 175°C tidak berbusa, dan memenuhi persyaratan aspal seperti pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Persyaratan aspal keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-79
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	48-58
3	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4	Daktilitas, 25°C; cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelarutan dalam Trichloro Ethylen; % berat	SNI 06-2438-1991	Min. 99
7	Penurunan Berat (dengan TFOT); %berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan Berat; % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50
10	Uji bintik (spot Tes)	AASHTO T. 102	Negatif
	- Standar Naptha		
	- Naptha Xylene		
	- Hephtane Xylene		
11	Kadar paraffin, %	SNI 03-3639-2002	Maks. 2

Sumber : Departemen Kimpraswil, 2007

Fungsi aspal dalam campuran perkerasan adalah sebagai pengikat yang bersifat viskoelastis, sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Dengan sifat ini aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya, selama masa layanan perkerasan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan dilapangan, sehingga memudahkan untuk dipadatkan. Disamping itu juga aspal berfungsi sebagai pengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat, sehingga untuk itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh terhadap cuaca). Aspal harus mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat fleksibel pada campuran, selain itu juga membuat permukaan jalan menjadi kedap air.

## F. Sifat-Sifat Dasar Campuran Aspal

Shell Bitumen (1990) menyatakan bahwa campuran beraspal harus mempunyai kemampuan untuk :

1. Tahan terhadap deformasi permanen.
2. Mampu menahan retak lelah (*Fatigue Cracking*).
3. Mudah dalam pelaksanaan, baik penghamparan maupun pemadatan dengan peralatan yang sesuai.
4. Kedap air, untuk melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh air.
5. Awet, tahan terhadap gesekan dan pengaruh udara dan air.
6. Memberikan daya dukung terhadap struktur perkerasan.
7. Mudah dipelihara dan yang paling penting yaitu harus mempunyai biaya yang efektif.

Untuk campuran Lapisan Beton Aspal, pada spesifikasi baru harus memenuhi ketentuan sifat-sifat campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Perencanaan campuran beraspal panas ditentukan berdasarkan metode *Marshall*.

Tabel 6. Ketentuan sifat-sifat campuran beton aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	Min.	3,5		
	Maks.	5,5		
Rongga dalam Agregat (VMA)(%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA)(%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1500
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		5
Marshall Quotient (MQ)(kg/mm)	Min.	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	75		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2,5		

Sumber : Depertemen Kimpraswil, 2007

### G. Desain Campuran Lapis Beton Aspal

Pada dasarnya, bahan, tahapan pembuatan dan jenis pengujian campuran beraspal relatif sama untuk semua jenis campuran beraspal. Hanya saja untuk campuran beraspal bergradasi terbuka seperti SMA dan aspal porus, diperlukan bahan-bahan dan pengujian-pengujian tambahan lainnya. Pemilihan dan pengujian agregat, aspal dan penentuan proporsi agregat adalah langkah-langkah pembuatan campuran beraspal yang harus dilakukan pada semua jenis campuran beraspal. Penentuan kadar aspal optimum campuran biasanya dilakukan berdasarkan pengujian parameter *Marshall*.

Pada prinsipnya pembuatan campuran beraspal dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu penetapan proporsi agregat dan penentuan

kadar aspal optimum. Tahapan ini berlaku untuk semua jenis campuran beraspal walaupun campuran tersebut menggunakan jenis agregat dan aspal yang berbeda. Langkah pertama dalam prosedur umum penentuan proporsi agregat yang akan digunakan adalah penetapan gradasi yang akan digunakan dengan memperhatikan target rongga udara yang akan dicapai. Kemudian tentukan proporsi pemakaian masing-masing fraksi agregat dengan cara coba-coba dan bandingkan hasilnya dengan gradasi yang disyaratkan. Apabila campuran beraspal yang dibuat hanya akan digunakan untuk percobaan di laboratorium saja, maka penentuan banyaknya agregat untuk setiap ukuran individual agregat dapat dilakukan berdasarkan penimbangan (*by sieve*). Walaupun begitu, penentuan proporsi berdasarkan persentase pemakaian agregat kasar dan halus (*by portion*) lebih direkomendasikan karena selain cepat juga lebih mensimulasikan proses pembuatan campuran beraspal sebenarnya. (Yamin AR, 2002).

Setelah gradasi agregat gabungan ditetapkan langkah selanjutnya adalah menentukan banyaknya aspal yang diperlukan untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan suatu campuran yang kuat, stabil dan kedap air tetapi masih menyisakan cukup rongga udara untuk mengakomodasikan pengaliran aspal yang terjadi karena perubahan volume akibat panas dan pepadatan lanjutan oleh lalu lintas.

Karena tujuan dari percobaan *Marshall* ini adalah untuk menentukan kadar aspal optimum, yaitu kadar aspal dimana

campuran yang dihasilkan memiliki sifat-sifat yang terbaik, maka percobaan ini harus dilakukan pada benda Uji dengan kadar aspal yang bervariasi. Agar variasi aspal untuk menentukan kadar aspal optimum tidak terlalu banyak, Persamaan (2-3) di bawah ini digunakan untuk menentukan nilai Perkiraan Kadar Aspal Optimum (PKAO). Besarnya nilai *c* dalam persamaan ini tergantung pada jenis campuran, besarnya antara 0,5 - 1 untuk AC dan 2,0 - 3,0 untuk HRA : (Dept. pekerjaan umum, 2007)

$$\text{PKAO} = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + c \quad (2)$$

Dimana :

CA = *Coarse Aggregate* (agregat kasar)

FA = *Fine Aggregate* (agregat halus)

FF = *Fine Filler* (bahan pengisi)

C = Konstanta (0,5 – 1,0) untuk laston

Setelah PKAO didapat, selanjutnya dibuatkan masing-masing empat variasi kadar aspal; dua di atas dan dua di bawah dari nilai PKAO, dengan peningkatan atau penurunan sebesar 0,5%. Kadar aspal yang digunakan biasanya dinyatakan sebagai persentase terhadap berat campuran tetapi dapat juga dinyatakan sebagai persentase terhadap berat agregat. Untuk memenuhi persyaratan statistik, paling tidak tiga benda uji dari masing-masing kadar aspal harus dibuat dan diuji (TAI, 1983 dalam Yamin AR, 2002).

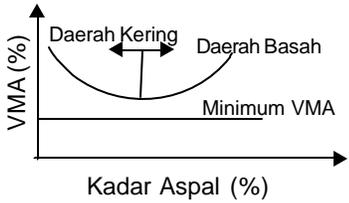
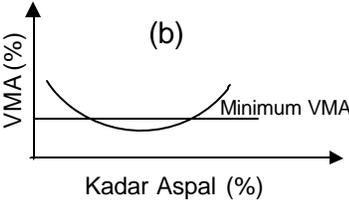
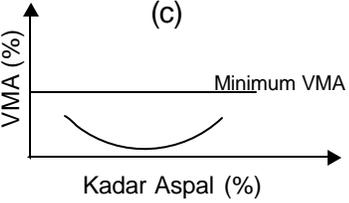
Pada pembuatan benda uji, pencampuran agregat dengan aspal dilakukan pada temperatur yang memberikan nilai kekentalan aspal (*viskositas*)  $170 \pm 20$  Cst. Selanjutnya pemadatan dilakukan pada temperatur yang memberikan nilai kekentalan aspal  $280 \pm 30$  Cst dengan 2 x 75 tumbukan tanpa memperhatikan lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut. Selanjutnya lakukan pengujian sifat-sifat volumetrik campuran dan *Marshall* standar (SNI 03-2489-1991). Nilai VIM, VMA, stabilitas dan kelelehan dari masing-masing benda uji yang didapat dari analisa volumetrik dan pengujian Marshall ini kemudian dibuatkan grafik hubungannya dengan persentase kadar aspal.

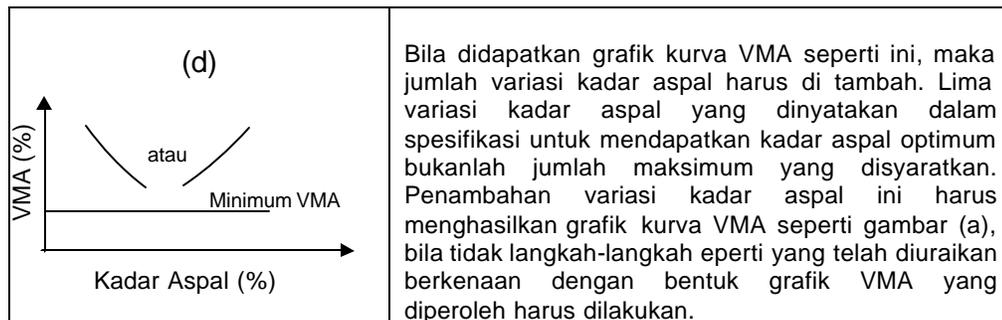
Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall* adalah : (TAI, 1983 dalam Silvia Sukirman, 2007)

- a. Lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.
- b. Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.
- c. Lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.
- d. Kelelehan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.

- e. Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai maksimum tercapai pada kadar aspal yang sedikit lebih tinggi dari kadar aspal untuk mencapai stabilitas maksimum.

Dan kemungkinan-kemungkinan perolehan grafik VMA terhadap kadar aspal pada campuran aspal beton seperti pada gambar 2 :

Bentuk Kurva VMA	Hal yang Perlu Diperhatikan
<p>(a)</p> 	<p>Grafik seperti ini adalah grafik bentuk kurva VMA dari campuran yang benar. Bila didapatkan grafik seperti ini kadar aspal ditentukan pada titik minimum kurva atau pada daerah dari kurva tersebut. Usahakan untuk menghindari daerah berkadar aspal di atas titik minimum VMA. Rongga udara di antara agregat daerah tersebut membesar (kurva naik) karena sebagian agregat telah terdorong oleh aspal. Oleh sebab itu, walaupun daerah tersebut memberikan VMA sesuai persyaratan tetapi kadar aspal tersebut cenderung akan menyebabkan terjadinya <i>bleeding</i> atau deformasi plastis. Pada daerah ini aspal cenderung berfungsi sebagai pelumas.</p>
<p>(b)</p> 	<p>Dalam kasus seperti ini, proporsi masing-masing fraksi agregat kasar, sedang, dan halus ataupun filler, harus dirubah. Perencanaan campuran harus diulangi dengan proporsi yang lain. Usahakan untuk mendapatkan gradasi yang jauh dari kurva Fuller untuk mendapatkan VMA yang lebih besar.</p>
<p>(c)</p> 	<p>Grafik seperti ini mengindikasikan terlalu kecilnya rongga di antara agregat dalam campuran sehingga campuran tersebut kurang cukup tempat untuk mengakomodasikan aspal dengan jumlah yang memadai tetapi masih menyisakan cukup rongga dalam campuran. Bila didapat grafik seperti ini maka rencana campuran harus di rombak total, bila perlu lakukan penggantian sumber agregat.</p>



Sumber : R. Anwar Yamin (2002)

Gambar 2. Kemungkinan Bentuk Kurva VMA

Pengujian beton aspal padat dilakukan melalui pengujian *Marshall*, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall, yang bekerja sebagai *Bitumios Engineering* pada Departement Jalan Raya Negeri Bagian Missisipi. Pada tahun 1948, uji tersebut telah diadopsi oleh beberapa organisasi maupun pemerintahan berbagai negara.

Pengujian *Marshall* untuk beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi :

- ? Penentuan berat volume benda uji
- ? Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis
- ? Pengujian kelelahan (*flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
- ? Perhitungan *Marshall Quontien*, adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).

- ? Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan VFA)
- ? Perhitungan tebal selimut atau film aspal

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (= 5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SIN 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Campuran Beton Aspal harus memenuhi spesifikasi khusus seperti pada Tabel 6.

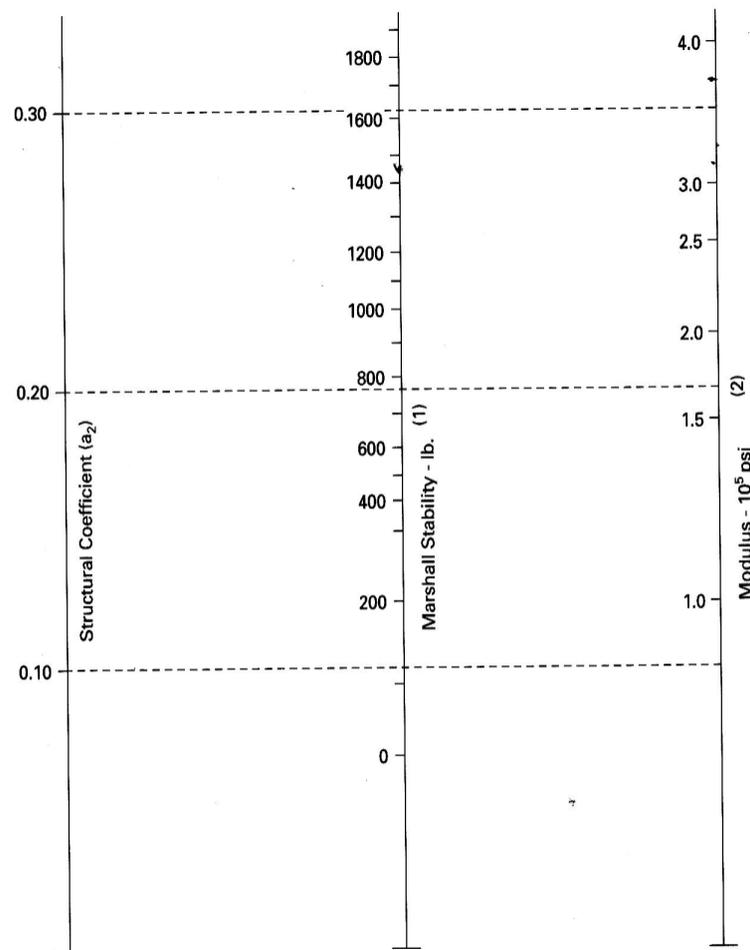
#### H. Serat Fiber

Fiber yang digunakan pada campuran beton aspal adalah jenis *C-glass woven roving* 600 g/m<sup>2</sup>, sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton.

Fiber adalah serat halus yang terbuat dari fiber glass dengan kualitas yang sangat tinggi. Bahan ini dibuat untuk meminimalkan dan mengontrol retak akibat geser. Jenis fiber *C-glass woveng roving 600 gr/m<sup>2</sup>*, tersedia dalam bentuk lembaran. Untuk penambahan pada campuran lapisan beton aspal, fiber di potong-potong sepanjang ? 2 cm.



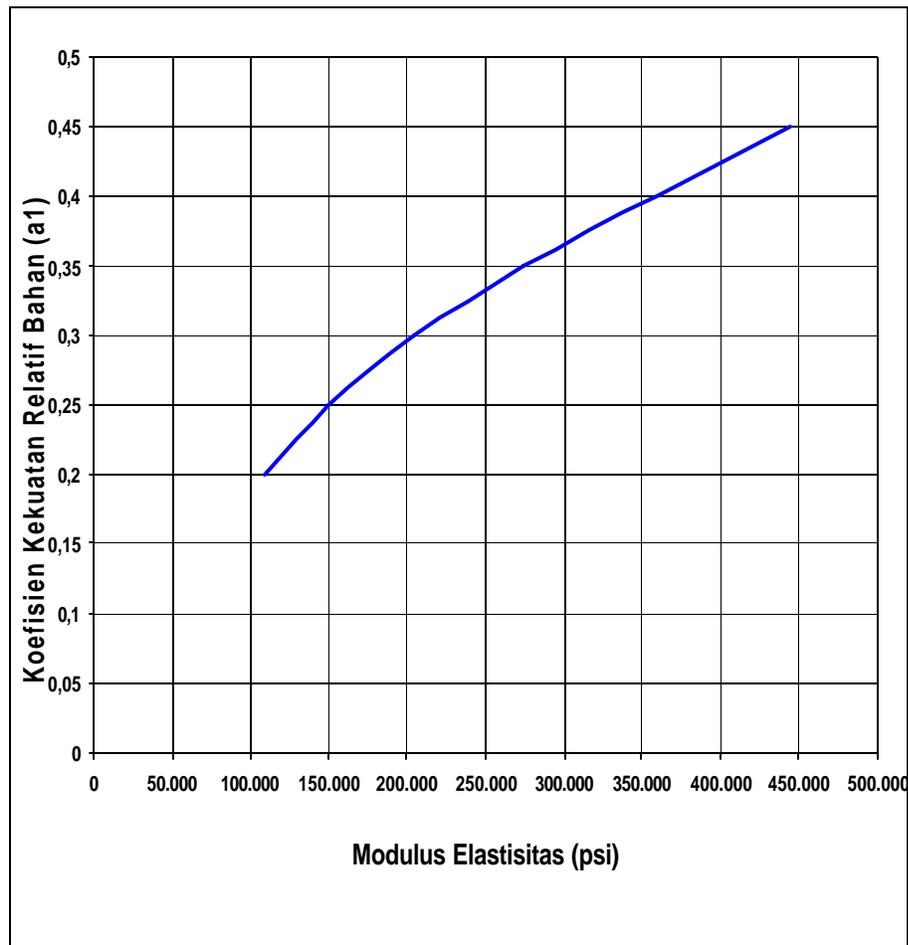
Pada Gambar 3. Grafik variasi bitumen dengan parameter tegangan ditampilkan untuk dapat digunakan menentukan nilai modulus elastisitas berdasarkan nilai stabilitas, setelah nilai modulus elastisitas ditentukan pada gambar 3, maka dengan menggunakan gambar 4, koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ) dapat ditentukan.



- (1). Skala korelasi diambil dari Illinois.  
 (2). Skala pada NCHRP project.

Sumber : *Highway Engineering* (Paul H. W/Karen K. D. 2004),

Gambar 3. Grafik variasi bitumen dengan parameter tegangan

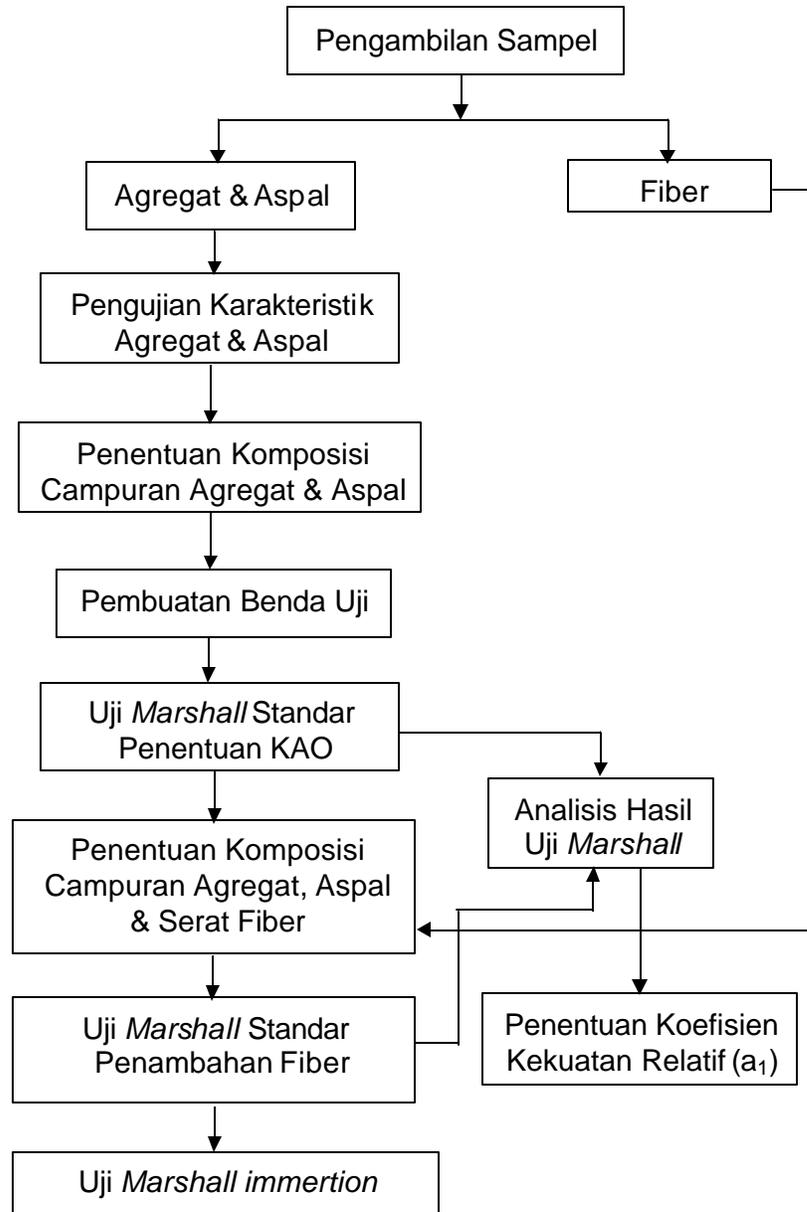


Sumber : *Highway Engineering* (Paul H. W/Karen K. D. 2004),

Gambar 4. Grafik Hubungan Antara *Modulus Elastisitas* Dengan Koefisien Kekuatan Relatif ( $a_1$ )

## J. Kerangka Konseptual

Penelitian ini untuk menentukan bagaimana pengujian marshall standar, marshall immersion dan penentuan angka kekuatan relatif bahan tanpa fiber dan penambahan fiber,



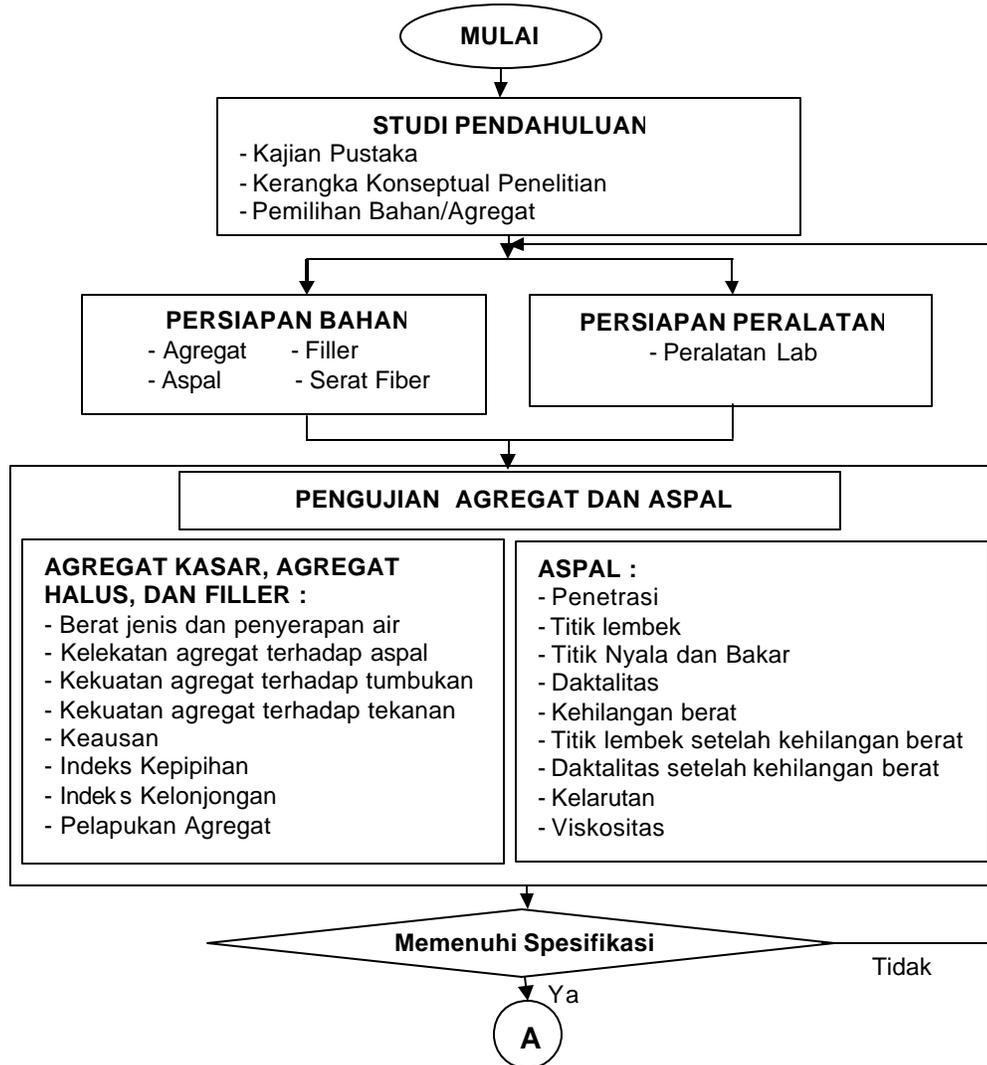
Gambar 5. Bagan alir kerangka konseptual

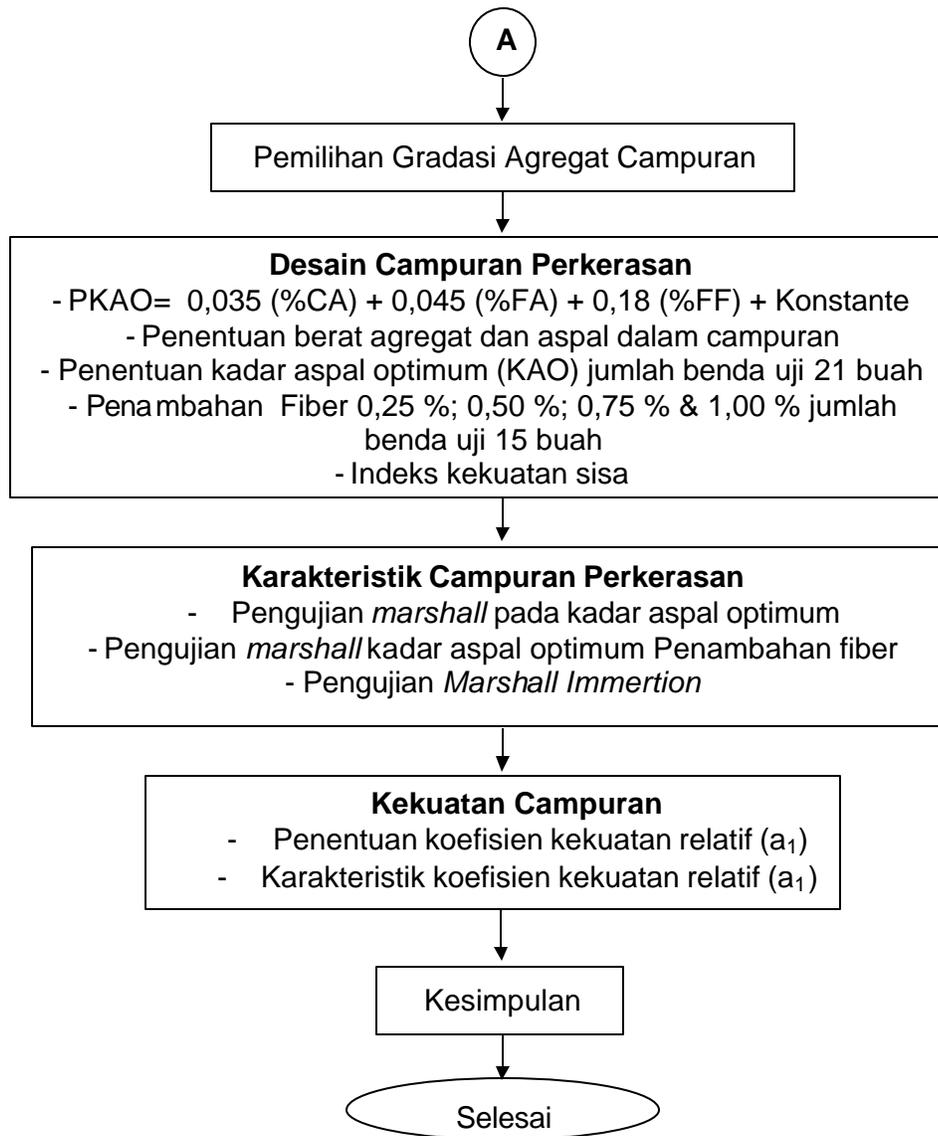
## BAB III

### METODE PELAKSANAAN PENELITIAN

#### A. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dengan kerangka metode penelitian seperti pada *flow chart* di bawah ini :





Gambar 6. Bagan alir metode penelitian

## **B. Lokasi Pengambilan Sampel**

Lokasi pengambilan agregat dari aliran sungai Sa'dan yang terletak di dusun Milan kelurahan Kamali kecamatan Makale kabupaten Tana Toraja provinsi Sulawesi selatan, yang berjarak ? 313,00 km dari ibu kota provinsi Sulawesi Selatan kota Makassar dan berjarak ? 2,00 km dari ibu kota kabupaten Tana Toraja. Lokasi tersebut dapat di jangkau dengan kendaraan roda empat dan jalan tersebut digunakan untuk menuju Bandara udara Pong Tiku.

## **C. Metode Pengambilan Sampel**

Metode pengambilan sampel yang akan di uji pada laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan material dilakukan secara acak pada beberapa tempat tumpukan agregat kasar dan agregat halus, hasil olahan stone crusher PT. Sabar Jaya, di Dusun Milan Kelurahan Kamali Kecamatan Makale.
2. Aspal penetrasi 60/70 di ambil dari PT. Jaya Graha Makassar
3. Jenis Fiber C – *glass woven roving* 600 g/m<sup>2</sup> dari PT. Makmur Fanta Wijaya di Jakarta, melalui CV. Jaya Karya di Makassar.

## **D. Rancangan Penelitian**

### **1. Tahap Studi Pendahuluan**

Penelitian ini di mulai dengan tahap studi pendahuluan, yaitu kegiatan yang meliputi latar belakang yang mengungkapkan mengapa penelitian ini dilaksanakan, apa masalah yang akan diteliti serta bagaimana pengaruh dari hasil yang diteliti, studi pustaka mengenai sistematika teori, pemikiran serta kerangka konseptual permasalahan/ pelaksanaan penelitian, sumber yang digunakan, menentukan tujuan dan manfaat penelitian yang menggambarkan kaitan hasil penelitian bagi pemecahan masalah, serta penyusunan kerangka metodologi penelitian.

### **2. Persiapan Bahan dan Peralatan**

Kegiatan ini meliputi kegiatan pengambilan meterial dari lokasi yang akan diteliti di laboratorium. Adapun bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (abu batu), dan aspal minyak peneterasi 60/70, dengan bahan tambah fiber untuk bahan campuran lapis beton aspal. Laboratorium yang digunakan adalah laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

### **3. Pengujian Karakteristik Agregat**

Pengujian karakteristik agregat bertujuan untuk mengetahui, karakteristik dari setiap bahan yang akan digunakan untuk bahan

campuran beton aspal, apakah agregat tersebut mempunyai karakteristik yang memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan untuk digunakan. Adapun metode pengujian agregat yang digunakan adalah mengikuti SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM (*American Society for Testing and Materials*) yang telah umum digunakan. Agregat yang akan diuji berupa agregat kasar, agregat halus dan *filler* (abu batu). Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah bahan agregat yang tertahan saringan no.8 ukuran 2,36 mm (menurut standar BSI) atau saringan ukuran no.4 ukuran 4,75 mm (menurut standar ASTM) atau saringan no.8 ukuran 2,36 mm (menurut SNI), berupa batu pecah atau kerikil. Sedang agregat halus adalah bahan agregat yang lolos saringan no.8 ukuran 2,36 mm (menurut standar BSI) atau saringan no.4 ukuran 4,75 mm (menurut standar ASTM) atau saringan No.8 ukuran 2,36 mm/ (menurut SNI), berupa pasir. Bahan *filler* yang akan diuji berupa abu batu yang lolos saringan no. 200 ukuran 0,075 mm, dan tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya. (Dept. Pekerjaan Umum, 2007)

Jenis dan metode pengujian yang dilakukan dari bahan agregat kasar, agregat halus dan *filler* (abu batu) harus memenuhi persyaratan seperti pada tabel 1 dan tabel 2. Dan hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada lampiran A.

#### **4. Pengujian Karakteristik Aspal**

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui kelayakan kinerja dari aspal yang akan digunakan. Aspal yang akan digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, untuk mengetahui sifat-sifat

aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktalitas, berat jenis, kelarutan dan *Thin Film Oven Test (TFOT)* seperti pada tabel 5 persyaratan aspal keras penetrasi 60/70 dengan standar Bina Marga. Dan hasil pengujian karakteristik aspal dapat dilihat pada lampiran B.

## 5. Fiber

Pengujian karakteristik fiber, yang digunakan dalam campuran beton aspal tidak dilakukan lagi, (spesifikasi fiber dapat dilihat pada tabel 7) dan fiber hanya digunakan sebagai bahan tambah pada campuran lapisan beton aspal yang akan diteliti.

## 6. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji

Setelah agregat yang diperlukan telah selesai di uji karakteristik dan telah sesuai dengan spesifikasi, maka tahap selanjutnya adalah perkiraan kadar aspal optimum, penentuan jumlah benda uji dan penyiapan bahan campuran sesuai dengan komposisi rancangan campuran (*mix design*) yang diperoleh.

Tabel 8. Perhitungan benda uji perkiraan kadar aspal optimum

Uraian	Benda uji	Variasi kadar aspal	Jumlah benda uji
Marshall standar	3	6	18
Marshall Immersion	3	1	3
Jumlah benda uji PKAO			21

Sumber : Perhitungan

Setelah kadar aspal optimum didapatkan dari hasil *marshall* standar maka ditentukan pula jumlah benda uji dengan penambahan fiber 0,25 % ; 0,50 % ; 0,75 % ; dan 1,00 %.

Tabel 9. Perhitungan benda uji dengan penambahan fiber

Uraian	Kadar aspal	Benda uji	Jumlah benda uji
Serat Fiber 0,25 %	%	3	3
Serat Fiber 0,50 %	%	3	3
Serat Fiber 0,75 %	%	3	3
Serat Fiber 1,00 %	%	3	3
Marshall Immersion	%	3	3
Jumlah benda uji Penambahan Serat Fiber + <i>Immersion</i>			15

Sumber : Perhitungan

Dari hasil pengujian *marshall* dikontrol, apakah spesifikasi karakteristik *marshall* campuran lapis beton aspal telah sesuai seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Spesifikasi *marshall* campuran lapis beton aspal

No	Parameter Marshall	Spesifikasi	Satuan
1	Stabilitas	Min. 800	Kg
2	Kelelehan ( <i>flow</i> )	Min. 3	mm
3	Rongga dalam campuran ( <i>VIM</i> )	3,5 – 5,5	%
4	Rongga dalam agregat ( <i>VMA</i> )	Min. 15	%
5	<i>Marshall Quotient</i> ( <i>MQ</i> )	300	Kg/mm

Sumber : Departemen Kimpraswil, 2007

## 7. Persiapan Bahan Campuran Beton Aspal

Penyiapan bahan campuran beton aspal disesuaikan dengan komposisi rancangan campuran yang diperoleh. Komposisi rancangan campuran didasarkan pada gradasi agregat campuran yang dipilih. Campuran agregat dibagi atas 3 (tiga) fraksi, yaitu fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi filler. Dimana ukuran agregat dari setiap fraksi didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

## **E. Metode Pengujian Dan Analisis**

### **1. Metode pengujian**

Pengujian agregat dan aspal dilakukan di laboratorium untuk memperoleh data tentang sifat-sifat agregat dan aspal yang akan digunakan pada campuran lapisan perkerasan beton aspal. Pada penelitian ini, pengujian terhadap agregat, aspal dan proporsi campuran dilakukan berdasarkan metode Bina Marga, AASHTO, dan ASTM. Percobaan pengujian terhadap agregat dan aspal dilakukan dengan beberapa pengujian yang dapat mewakili material dalam campuran perkerasan. Untuk pemeriksaan karakteristik agregat dipersiapkan sesuai spesifikasi yang terdiri dari fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi filler (abu batu). Karakteristik agregat dan aspal yang akan dicampurkan sebagai bahan lapisan aspal beton, harus memenuhi spesifikasi yang digunakan untuk campuran lapis aspal beton.

### **2. Metode Analisis**

Metode analisis yang digunakan untuk campuran lapisan aspal beton AC-WC yang memenuhi spesifikasi yaitu :

- Pemeriksaan karakteristik agregat harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan menurut metode Bina Marga, AASHTO, dan ASTM
- Analisis dengan cara grafis diagonal, digunakan untuk menentukan komposisi campuran perkerasan lapisan aspal beton

- Untuk mengevaluasi karakteristik campuran perkerasan jalan aspal beton digunakan metoda Marshall standar, dimana pengujian perendaman benda uji selama 30 – 40 menit pada bak berisi air (*water bath*) dengan suhu konstan 60° C. Setelah perendaman selesai, dilakukan pengujian *Marshall* terhadap benda uji untuk mendapatkan ketahanan (*stabilitas*), pelelehan (*flow*), dan untuk membandingkan karakteristik campuran perkerasan lapisan aspal beton digunakan spesifikasi Bina Marga.
- Untuk mengevaluasi indeks kekuatan sisa campuran perkerasan jalan aspal beton digunakan metode *Marshall Immertion*, dimana pengujian perendaman benda uji selama 24 jam dengan suhu konstan 60° C, untuk menentukan indeks kekuatan sisa digunakan persamaan sebagai berikut (Hunter, 1994)

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \% \quad (3)$$

Keterangan :

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

$S_1$  = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman, selama  $t_1$  menit (kg)

$S_2$  = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman, selama  $t_2$  menit (kg)

### **F. Penentuan Koefisien Kekuatan Relatif ( $a_1$ )**

Penentuan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ) ditentukan berdasarkan gambar 2, grafik hubungan modulus elastisitas (psi) dengan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ) setelah pengujian *marshall* standar tanpa fiber dan penambahan fiber.

## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Karakteristik Agregat dan Aspal

##### 1. Hasil pengujian karakteristik agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat Milan, disesuaikan dengan standar SNI (Standar Nasional Indonesia). Dimana hasil pemeriksaan karakteristik dan spesifikasi agregat kasar seperti pada tabel 11, agregat halus pada tabel 12.

Tabel 11. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
Berat jenis bulk	SNI-03-1969 -1990	-	2,520	2,5	-
Berat jenis SSD	SNI-03-1969 -1990	-	2,656	2,5	-
Berat jenis semu	SNI-03-1969 -1990	-	2,635	2,5	-
Penyerapan air	SNI-03-1969 -1990	%	1,72	-	3

Sumber : Hasil pemeriksaan

Tabel 12. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
Berat jenis bulk	SNI-03-1970 -1990	-	2,510	2,5	-
Berat jenis SSD	SNI-03-1970 -1990	-	2,525	2,5	-
Berat jenis semu	SNI-03-1970 -1990	-	2,550	2,5	-
Penyerapan air	SNI-03-1970 -1990	%	0,65	-	3

Sumber : Hasil pemeriksaan

Dari hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar pada tabel 11, merupakan hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan penyerapan air, yang dapat dilihat pada lampiran A1, di sini terlihat bahwa berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu, lebih besar dari spesifikasi minimum dan penyerapan air lebih kecil dari spesifikasi maksimum,

sedang agregat halus pada tabel 12, merupakan hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus dan penyerapan air, yang dapat di lihat pada lampiran A2, di sini terlihat bahwa pemeriksaan berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu, lebih besar dari spesifikasi minimum dan penyerapan air lebih kecil dari spesifikasi maksimum, ini berarti bahwa agregat kasar dan agregat halus milan, khususnya dari nilai penyerapan mempunyai porositas yang kecil dengan demikian mengurangi penggunaan aspal dalam campuran.

## 2. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan agregat halus, seperti pada tabel 13, ini adalah hasil rata-rata dari dua kali pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus, dimana hasil pemeriksaan agregat kasar pada lampiran A3 dan hasil pemeriksaan agregat halus pada lampiran A4,

Tabel 13. Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus

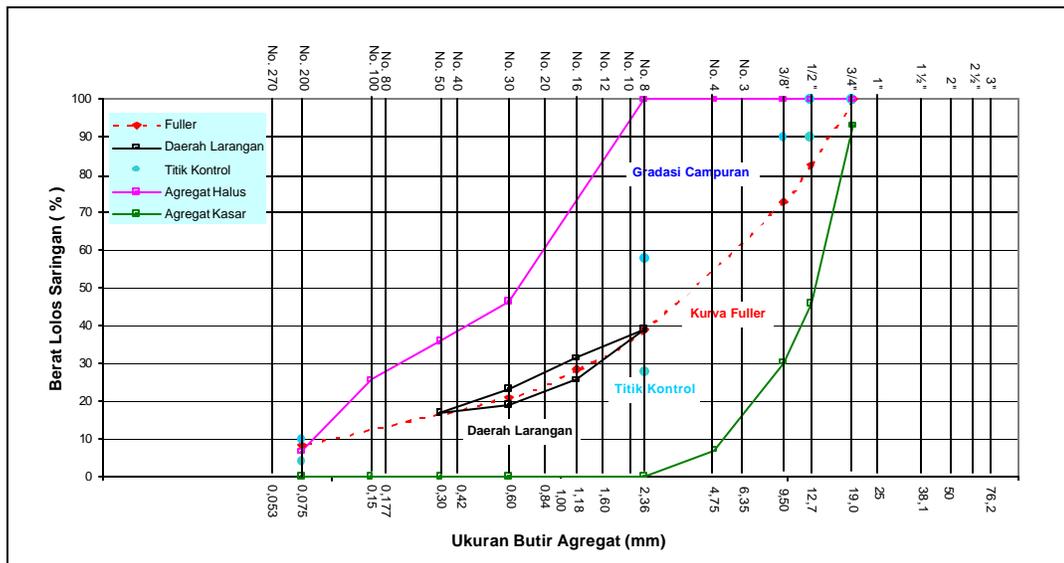
Ukuran Saringan		Persen Lolos Saringan	
Inchi	mm	Agregat Kasar	Agregat Halus
1"	25,4	100	100
¼"	19,1	100	100
¾"	19	93,32	100
½"	12,7	45,84	100
3/8"	9,52	30,48	100
No. 4	4,76	7,075	100
No. 8	2,38	0,175	100
No. 30	0,59	0	46,55
No. 50	0,28	0	35,85
No. 100	0,15	0	25,85
No. 200	0,08	0	6,95
Pan		0	0

Sumber : Hasil pemeriksaan

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar adalah agregat yang lolos saringan 1" (25,4 mm) dan tertahan pada No. 8 (2,38 mm) dan terlihat bahwa agregat kasar pada saringan 1" (25,4 mm) dan saringan ¾" (19,10 mm) lolos 100 % dan pada saringan ¾" (19,00 mm) sudah ada agregat yang tertahan sampai pada saringan No. 8 (2,38 mm), dimana pada saringan ¾" tertahan 6,68 %, saringan ½" tertahan 47,48 %, saringan 3/8" tertahan 15,36 %, saringan No. 4 tertahan 23,405 % dan pada saringan No. 8 tertahan 6,9 %

Sedang pemeriksaan analisa saringan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,38 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,08 mm) menunjukkan bahwa semua saringan mulai dari No. 30 (0,59 mm) sampai dengan No. 200 (0,08 mm) ada yang tertahan, dimana pada saringan No. 30 tertahan 53,45 %, saringan No. 50 tertahan 10,70 %, saringan No.100 tertahan 10 % dan pada saringan No 200 tertahan 18,90 %, dari hasil pemeriksaan analisa saringan menunjukkan bahwa gradasi agregat dari milan adalah gradasi menerus.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus yang lolos pada setiap saringan digambarkan kedalam grafik pemeriksaan analisa saringan agregat, seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik pemeriksaan analisa saringan agregat

Pada gambar 7 grafik pemeriksaan analisa saringan agregat, terlihat bahwa kurva agregat kasar berada jauh dibawah kurva fuller dan kurva agregat halus berada jauh diatas kurva fuller, ini berarti perbandingan antara agregat kasar dan halus setelah dilakukan analisa saringan komposisinya berimbang .

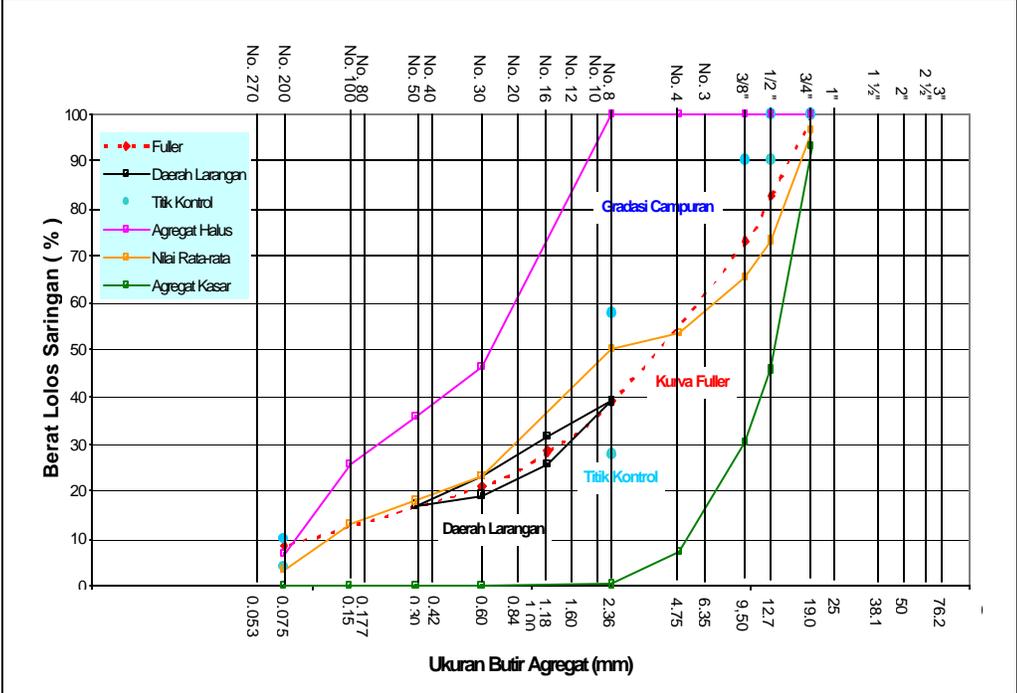
### 3. Penentuan proporsi agregat gabungan

Penentuan proporsi agregat gabungan yang diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus, dengan menggabungkan agregat kasar dan halus didapatkan agregat gabungan seperti pada tabel 14 dan kurva agregat gabungan dapat dilihat pada gambar 8 dengan menggunakan metode grafis diagonal.

Tabel 14. Penentuan proporsi agregat gabungan

Ukuran Saringan		Persen Lolos Saringan		
Inchi	mm	Agregat Kasar	Agregat Halus	Agregat Gabungan
1"	25,4	100	100	100
¼"	19,10	100	100	100
¾"	19,00	93,32	100	96,66
½"	12,70	45,84	100	72,92
3/8"	9,52	30,48	100	65,24
No. 4	4,76	7,075	100	53,537
No. 8	2,38	0,175	100	50,175
No. 30	0,59	0	46,55	23,275
No. 50	0,28	0	35,85	17,925
No. 100	0,15	0	25,85	12,925
No. 200	0,08	0	6,95	3,475
Pan		0	0	0

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 8. Grafik agregat gabungan

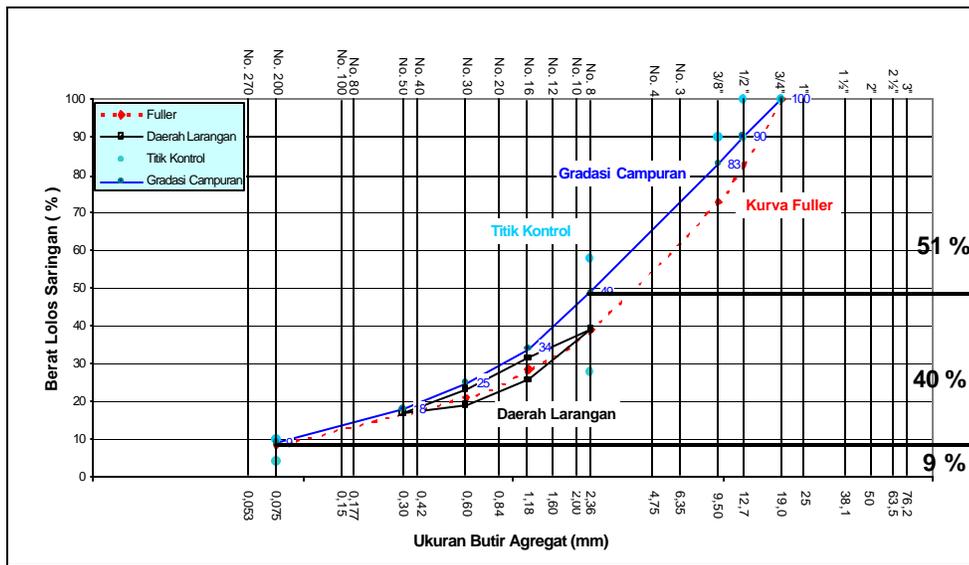
Dengan melihat gambar 8, grafik agregat gabungan bahwa kurva analisa saringan agregat kasar dan halus, setelah digabungkan menjadi agregat gabungan tidak memenuhi spesifikasi, dimana kurva agregat gabungan memotong kurva fuller dua kali, antara saringan No. 50 dan No.100 serta saringan No. 4 dan No. 8.

Untuk dapat menggunakan agregat milan, maka dibuatkan rancangan gradasi agregat campuran, yang berada diatas kurva fuller (untuk memudahkan pada saat proses pencampuran di AMP) dalam batasan titik kontrol, serta tidak memotong daerah larangan. Komposisi rancangan gradasi agregat campuran seperti pada tabel 15 dan kurva rancangan gradasi agregat campuran seperti pada gambar 9.

Tabel 15. Komposisi gradasi agregat rancangan campuran

Ukuran saringan		% Berat yang lolos			% Tertahan	Berat tertahan		Komposisi campuran
ASTM	mm	Spesifikasi	Fuller	Gradasi campuran		1 benda uji (gram)	33 benda uji (gram)	%
1 "	25	-	-	-	-	-	0	51
3/4 "	19	100	100	100	-	-	0	
1/2 "	12,5	90 - 100	82,8	90	10	120	3960	
3/8 "	9,5	Maks 90	73,2	83	7	84	2772	
No. 8	2,36	28 - 59	39,1	49	34	408	13464	
No. 16	1,18	-	28,6	34	15	180	5940	40
No. 30	0,6	-	21,2	25	9	108	3564	
No. 50	0,3	-	15,5	18	7	84	2772	
No. 200	0,075	4 - 10	8,3	9	9	108	3564	
Filler					9	108	3564	
<b>Daerah larangan</b>								
No. 4	4,76	-	5,36					
No. 8	2,36	39,1	39,1					
No. 16	1,18	26,6 - 31,6	28,6					
No. 30	0,6	19,1 - 23,1	21,1					
No. 50	0,3	15,5	15,5					
Total					100	1200	39600	100

Sumber : Perhitungan



Gambar 9 . Grafik kurva rancangan gradasi agregat campuran

Dari gambar 9, grafik kurva rancangan gradasi agregat campuran berdasarkan analisa saringan agregat, bahwa agregat yang lolos saringan 1" (25,4 mm) dan tertahan pada saringan No. 8, adalah fraksi agregat kasar dan yang lolos saringan No 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) adalah fraksi agregat halus dan yang lolos saringan No. 200 adalah fraksi filler (abu batu). Masing-masing agregat berdasarkan nomor saringan ditimbang sesuai kurva rancangan gradasi agregat campuran dengan berat total 1200 gram, sehingga di peroleh masing- masing jumlah persentase fraksi rancangan agregat campuran sebagai berikut :

- Fraksi agregat kasar = 51 %
- Fraksi agregat halus = 40 %
- Fraksi filler (Abu batu) = 9 %

#### **4. Karakteristik Aspal.**

Hasil pemeriksaan karakteristik aspal penetrasi 60/70, seperti pada tabel 16, semua memenuhi spesifikasi Bina Marga berdasarkan SNI dan hasil pemeriksaan masing-masing karakteristik dapat dilihat pada lampiran B.

Tabel 16. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal

Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Maks	
Penetrasi	SNI-06-2456-1991	68,10	60	79	0,1 mm
Titik nyala	SNI-06-2433-1991	300	200	-	°C
Titik Lembek	SNI-06-2434-1991	54,50	48	58	°C
Berat jenis	SNI-06-2488-1991	1,058	1.0	-	gr/ml
Daktalitas	SNI-06-2432-1991	150	99	-	cm
Viskositas pencampuran	AASHTO T-72-97	160	100	-	°C
Viskositas pemadatan	AASHTO T-72-97	157	130	165	°C

Sumber : Hasil Pemeriksaan

## B. Desain Campuran Perkerasan

### 1. Perkiraan kadar aspal optimum (PKAO)

Perkiraan kadar aspal optimum untuk campuran laston

$$\begin{aligned} PKOA &= 0,035 (6,898) + 0,045 (93,05) + 0,18 (6,95) + 1 \\ &= 6,679 \% = 6,5 \% \end{aligned}$$

Perkiraan kadar aspal optimum yang didapatkan yaitu 6,679 %, dan dibulatkan menjadi 6,5 %, setelah itu diambil dua nilai kadar aspal di atas dan dua nilai kadar aspal di bawah dari perkiraan kadar aspal optimum, dengan perbedaan masing-masing 0,5 %. Dengan demikian kadar aspal yang digunakan adalah : 5,5% ; 6 % ; 6,5 % ; 7 % ; 7,5 % dan 8 %

### 2. Penentuan berat agregat dan berat aspal dalam campuran

Untuk campuran Laston didapat berat aspal dan agregat masing-masing sebagai berikut :

? Kadar aspal 5,5 %

- ? Kapasitas mold = 1200 gram
- ? Berat aspal =  $5,5 / (100 - 5,5) \times 1200 \text{ gr} = 69,84 \text{ gram}$
- ? Berat agregat kasar =  $51 \% \times 1200 \text{ gr} = 612 \text{ gram}$
- ? Berat agregat halus =  $40 \% \times 1200 \text{ gr} = 480 \text{ gram}$
- ? Berat abu batu =  $9 \% \times 1200 \text{ gr} = 108 \text{ gram}$
- ? Berat total campuran = 1269,84 gram

Untuk berat aspal dan berat agregat pada variasi kadar aspal 5,5 % ; 6 % ; 6,5 % ; 7 % ; 7,5 % dan 8 % dapat dilihat pada tabel 17 :

Tabel 17. Perhitungan berat aspal dan agregat

Kadar Aspal ( % )	5,5	6	6,5	7	7,5	8
Berat aspal terhadap	69,84	76,6	83,42	90,32	97,3	104,34
Berat agregat gabungan (gr)	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Agregat Kasar = 51 % (gr)	612	612	612	612	612	612
Agregat Halus = 40 % (gr)	480	480	480	480	480	480
Abu Batu = 9 % (gr)	108	108	108	108	108	108
Total Berat Campuran (gr)	1269,84	1276,6	1283,42	1290,3	1297,3	1304,34

Sumber : Hasil perhitungan

Dari tabel 17. Perhitungan berat aspal dan agregat terlihat bahwa, berdasarkan persentase aspal yang bervariasi dari 5,5 %; 6 %; 6,5 % ; 7 %; 7,5 %; dan 8 %, maka berat aspal dalam campuran juga bervariasi terhadap berat agregat gabungan dan berat agregat kasar, agregat halus, dan filler (abu batu) beratnya tetap, dengan demikian total berat campuran setiap variasi aspal berbeda-beda.

### 3. Perhitungan berat jenis dan penyerapan campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat serta berat jenis aspal diperoleh hasil seperti pada tabel 18.

Tabel 18. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Gradasi Agregat	Specific Gravity			Komposisi agregat (%)
	Bulk	Semu	Efektif	
	a	b	c = (a+b) / 2	d
Agregat Kasar	2,52	2,64	2,58	51
Agregat Halus	2,51	2,55	2,53	40
Filler (Abu Batu)	2,59			9
Jumlah				100

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, maka berat jenis agregat gabungan untuk campuran laston dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis efektif agregat } (G_{se}) = \frac{100}{\frac{51\%}{2,58} + \frac{40\%}{2,53} + \frac{9\%}{2,59}} \approx 2,561$$

Jadi berat jenis efektif agregat untuk campuran laston adalah 2,561

#### 4. Uji *marshall* penentuan kadar aspal optimum (KAO)

Desain campuran perkerasan tanpa fiber dilakukan pengujian dengan alat *marshall*, dan diperoleh data hasil pengujian pembacaan *stabilitas* pada *proving ring* dan pembacaan *flow* pada *flowmeter*.

Dari hasil pengujian campuran perkerasan tanpa fiber, dilakukan perhitungan untuk menentukan stabilitas, flow, VIM, VMA dan MQ secara tabelaris dengan hasil seperti pada tabel 19 dan grafik hubungan antara karakteristik campuran dengan variasi kadar aspal seperti pada gambar 10. Dan berdasarkan diagram analisis di dapat kadar aspal optimum (KAO) 7 %, seperti pada gambar 10f, memperlihatkan bahwa hubungan antara Stabilitas, Flow, Rongga dalam campuran (VIM), Rongga dalam

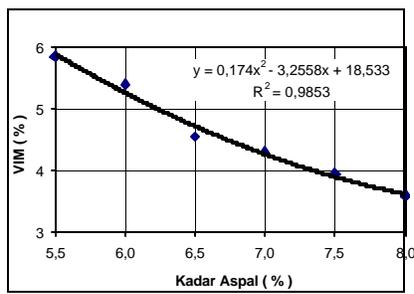
agregat (VMA), dan Marshall Qountien (MQ), memenuhi spesifikasi Bina Marga, kecuali nilai VIM pada kadar aspal 5,5 %

Dari hasil pengujian campuran perkerasan tanpa fiber dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai stabilitas, flow, VIM, VMA dan MQ secara tabelaris dengan hasil seperti pada tabel 19, dengan menggunakan berat jenis aspal ( $U$ ) = 1,058 , berat jenis bulk total agregat ( $V$ ) = 2,522 dan berat jenis efektif total agregat ( $W$ ) = 2,559 dan selajutnya perhitungan secara tabelaris pada tabel 19. Dan grafik hubungan antara karakteristik *marshall* dengan variasi kadar fiber seperti pada gambar 10f.

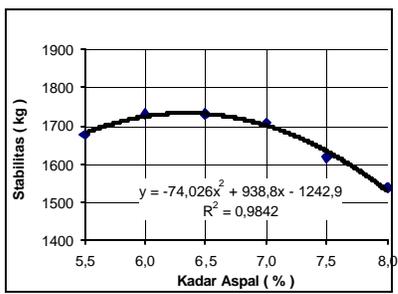
Tabel 19. Hasil pemeriksaan Marshall standar tanpa fiber

Berat jenis aspal (U) = 1,058  
 Berat jenis bulk total agregat (V) = 2,522  
 Berat jenis efektif total agregat (W) = 2,559

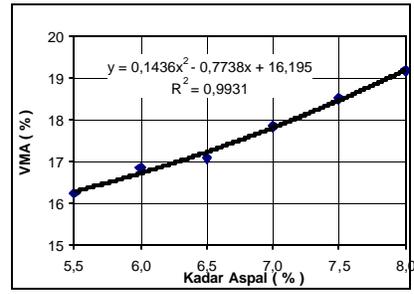
Kadar Aspal terhadap (%)		Berat ( gram )			isi benda uji	Berat isi benda uji	Bj. Maks. Teoritis	Rongga Udara	Rongga dlm camp. Agr (%)	Stabilitas - Kg			Kelelahan	Quotient Marshall
		di udara	dalam air	K. Permukaan						dibaca	Kalibrasi	disesuaikan		
A	B	in air	in water	SSD	cc	gr/cc	gr/cc	VM	VMA	Stability			Flow	kg/mm
		C	D	E	F	G	H	L	M	O	P	Q	S	T
Berat campuran	Berat agregat	C	D	E	E - D	$\frac{C}{F}$	$\frac{100}{100-A + \frac{A}{U}}$	$100 - \frac{(100G)}{H}$	$100 - \frac{(100A)G}{V}$	O	P	P x Korelasi volume benda uji	S	Q
	$\frac{100 \times A}{100 - A}$						W							
8,0	8,70	1284,80	706,00	1286,00	580,00	2,22	2,298	3,62	19,20	39,92	824,75	1509,29	4,14	364,56
8,0	8,70	1282,40	704,70	1283,00	578,30	2,22	2,298	3,52	19,11	40,82	843,49	1543,59	4,92	313,74
8,0	8,70	1281,80	704,20	1283,00	578,80	2,21	2,298	3,65	19,22	41,28	852,86	1560,74	4,04	386,32
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,22</b>		<b>3,60</b>	<b>19,17</b>			<b>1537,87</b>	<b>4,37</b>	<b>354,87</b>
7,5	8,11	1269,10	702,00	1273,00	571,00	2,22	2,313	3,92	18,49	52,16	1077,79	2004,70	3,57	561,54
7,5	8,11	1275,20	702,10	1276,00	573,90	2,22	2,313	3,94	18,51	39,01	806,00	1474,98	4,02	366,91
7,5	8,11	1279,30	704,00	1280,00	576,00	2,22	2,313	3,99	18,54	36,29	749,77	1372,08	3,44	398,86
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,22</b>		<b>3,95</b>	<b>18,51</b>			<b>1617,25</b>	<b>3,68</b>	<b>442,44</b>
7,0	7,53	1270,00	701,00	1270,90	569,90	2,23	2,328	4,28	17,83	44,45	918,47	1708,35	3,54	482,58
7,0	7,53	1271,00	702,30	1272,20	569,90	2,23	2,328	4,21	17,76	44,00	909,10	1690,92	3,23	523,50
7,0	7,53	1273,00	702,00	1274,20	572,20	2,22	2,328	4,44	17,97	44,91	927,84	1725,78	3,36	513,63
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,23</b>		<b>4,31</b>	<b>17,85</b>			<b>1708,35</b>	<b>3,38</b>	<b>506,57</b>
6,5	6,95	1265,00	700,00	1266,00	566,00	2,23	2,343	4,62	17,14	45,81	946,58	1760,65	3,05	577,26
6,5	6,95	1264,50	699,70	1265,50	565,80	2,23	2,343	4,62	17,15	44,00	909,10	1690,92	3,00	563,64
6,5	6,95	1265,50	702,00	1267,00	565,00	2,24	2,343	4,41	16,97	45,36	937,21	1743,21	3,10	562,33
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,24</b>		<b>4,55</b>	<b>17,09</b>			<b>1731,59</b>	<b>3,05</b>	<b>567,74</b>
6,0	6,38	1263,00	701,00	1267,00	566,00	2,23	2,359	5,39	16,83	44,45	918,47	1708,35	3,50	488,10
6,0	6,38	1262,00	700,00	1265,50	565,50	2,23	2,359	5,38	16,83	45,81	946,58	1760,65	3,00	586,88
6,0	6,38	1262,50	698,90	1265,00	566,10	2,23	2,359	5,44	16,88	44,91	927,84	1725,78	3,00	575,26
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,23</b>		<b>5,40</b>	<b>16,85</b>			<b>1731,59</b>	<b>3,17</b>	<b>550,08</b>
5,5	5,82	1254,70	694,00	1255,00	561,00	2,24	2,374	5,79	16,20	44,91	927,84	1725,78	3,37	512,10
5,5	5,82	1255,50	693,50	1256,00	562,50	2,23	2,374	5,99	16,37	42,18	871,61	1621,19	2,86	566,85
5,5	5,82	1251,00	693,00	1252,20	559,20	2,24	2,374	5,77	16,18	43,09	890,35	1682,76	3,45	487,76
<b>Rata - Rata</b>						<b>2,24</b>		<b>5,85</b>	<b>16,25</b>			<b>1676,58</b>	<b>3,23</b>	<b>522,24</b>



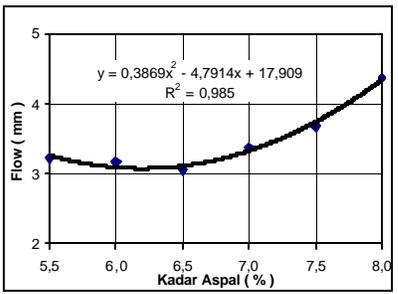
(a).Hub. antara VIM - Kadar Aspal



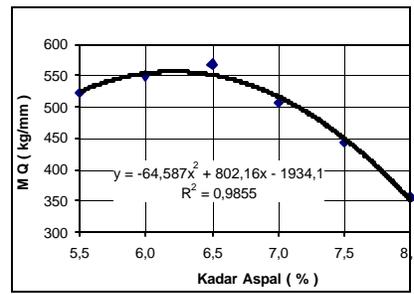
(b). Hub. antara Stabilitas - Kadar Aspal



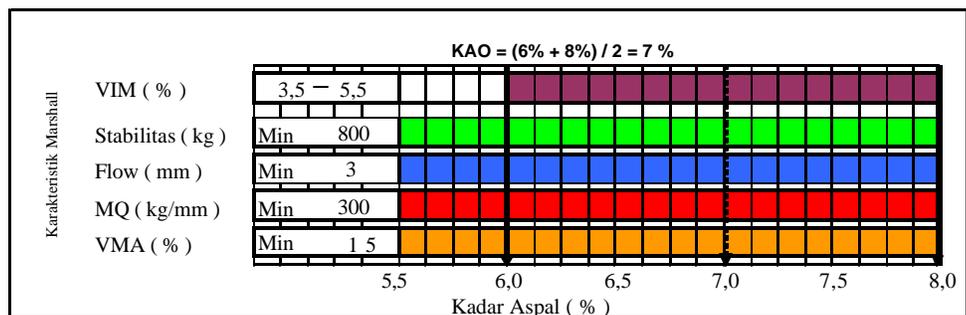
(c). Hub. antara VMA - Kadar Aspal



(d). Hub. antara Flow - Kadar Aspal



(e). Hub. antara MQ - Kadar Aspal



(f). Diagram Analisis Kadar Aspal Optimum

Gambar 10. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sebagai referensi, kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran laston adalah 6 % sampai 8 %, tetapi untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) maka diambil nilai tengah dari rentang kadar aspal tersebut (7%). Hal ini dimaksudkan untuk mengakomodir fluktuasi penggunaan aspal pada proses pencampuran di Asphalt Mixing Plan (AMP).

#### **5. Uji *Marshall* pada kadar aspal optimum dengan Penambahan Fiber**

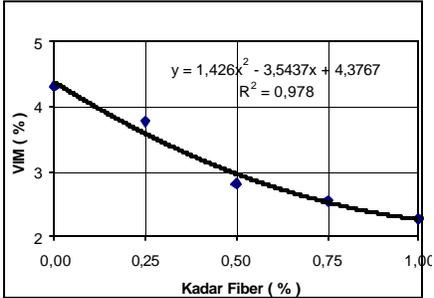
Setelah didapatkan kadar aspal optimum 7 %, maka dilakukan pengujian campuran perkerasan penambahan fiber dengan variasi 0,25 %; 0,50 %; 0,75 %; dan 1 %, dan diperoleh data hasil pengujian pembacaan stabilitas pada *proving ring* dan pembacaan *flow* pada *flowmeter*

Dari hasil pengujian campuran perkerasan penambahan fiber dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai stabilitas, flow, VIM, VMA dan MQ secara tabelaris dengan hasil seperti pada tabel 20., dengan menggunakan berat jenis aspal ( $U$ ) = 1,058 , berat jenis bulk total agregat ( $V$ ) = 2,522 dan berat jenis efektif total agregat ( $W$ ) = 2,559. Dan grafik hubungan antara karakteristik *marshall* dengan variasi kadar fiber seperti pada gambar 11f.

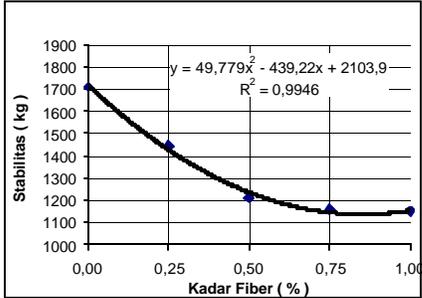
Tabel 20. Hasil pemeriksaan *Marshall* standart penambahan fiber

Berat jenis aspal (U) = 1,058  
 Berat jenis bulk total agregat (V) = 2,522  
 Berat jenis efektif total agregat (W) = 2,559

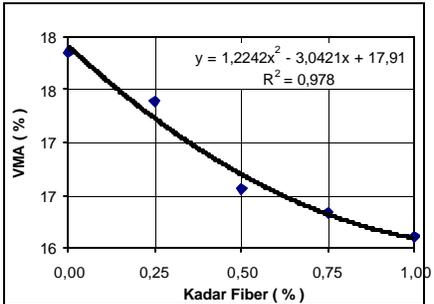
Kadar Fiber(%)	Kadar Aspal terhadap (%)		Berat ( gram )			isi benda uji	Berat isi benda uji	Bj. Maks. Teoris	Rongga Udara	Rongga dlm camp. Agr (%)	Stabilitas - Ke			Kelelahan	Quotient Marshall
			di udara	dalam air	K. Permukaan						dibaca	Kalibrasi	disesuaikan		
	in air	in water	SSD	cc	gr/cc	gr/cc	VIM	VMA	Stability			Flow			
	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	O	P	Q	S	T
0	7.0	753	1270.00	701.00	1270.90	569.90	2.23	2.328	4.28	17.83	44.45	918.47	1708.35	3.54	482.58
	7.0	753	1271.00	702.30	1272.20	569.90	2.23	2.328	4.21	17.76	44.00	909.10	1690.92	3.23	523.50
	7.0	753	1273.00	702.00	1274.20	572.20	2.22	2.328	4.44	17.97	44.91	927.84	1725.78	3.36	513.63
	<b>Rata - Rata</b>						<b>2.23</b>		<b>4.31</b>	<b>17.85</b>			<b>1708.35</b>	<b>3.38</b>	<b>506.57</b>
0.25	7.0	753	1270.50	705.00	1272.00	567.00	2.24	2.328	3.75	17.38	37.19	768.51	1452.49	3.50	415.00
	7.0	753	1274.00	708.00	1277.00	569.00	2.24	2.328	3.83	17.44	36.29	749.77	1394.57	3.25	429.10
	7.0	753	1276.50	710.00	1279.50	569.50	2.24	2.328	3.72	17.35	38.10	787.26	1487.92	3.10	479.97
	<b>Rata - Rata</b>						<b>2.24</b>		<b>3.77</b>	<b>17.39</b>			<b>1444.99</b>	<b>3.28</b>	<b>441.36</b>
0.5	7.0	753	1277.00	714.00	1278.00	564.00	2.26	2.328	2.75	16.51	31.75	656.05	1220.25	2.90	420.78
	7.0	753	1276.00	715.00	1278.00	563.00	2.27	2.328	2.65	16.43	31.30	646.68	1202.82	2.35	511.84
	7.0	753	1278.00	712.00	1278.00	566.00	2.26	2.328	3.01	16.74	30.84	637.30	1204.51	2.40	501.88
	<b>Rata - Rata</b>						<b>2.26</b>		<b>2.80</b>	<b>16.56</b>			<b>1209.19</b>	<b>2.55</b>	<b>478.16</b>
0.75	7.0	753	1280.00	716.00	1280.00	564.00	2.27	2.328	2.52	16.31	29.03	599.82	1115.66	2.39	466.80
	7.0	753	1279.50	717.00	1281.00	564.00	2.27	2.328	2.56	16.35	30.84	637.30	1185.39	3.78	313.59
	7.0	753	1279.50	716.00	1280.00	564.00	2.27	2.328	2.56	16.35	30.39	627.93	1167.95	2.55	458.02
	<b>Rata - Rata</b>						<b>2.27</b>		<b>2.54</b>	<b>16.34</b>			<b>1156.33</b>	<b>2.91</b>	<b>412.81</b>
1	7.0	753	1280.00	721.00	1284.00	563.00	2.27	2.328	2.34	16.17	26.31	543.58	1011.06	3.40	297.37
	7.0	753	1281.50	729.00	1292.00	563.00	2.28	2.328	2.23	16.07	32.66	674.79	1201.13	7.87	152.62
	7.0	753	1279.00	722.00	1284.00	562.00	2.28	2.328	2.25	16.08	32.21	665.42	1237.68	5.00	247.54
	<b>Rata - Rata</b>						<b>2.28</b>		<b>2.27</b>	<b>16.11</b>			<b>1150.0</b>	<b>5.42</b>	<b>232.51</b>



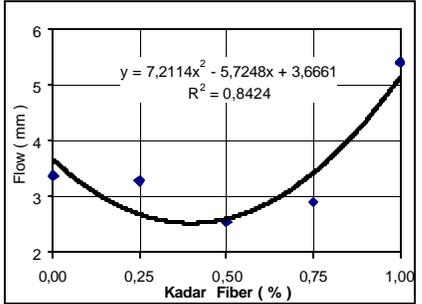
(a). Hub. antara VIM - Kadar Fiber



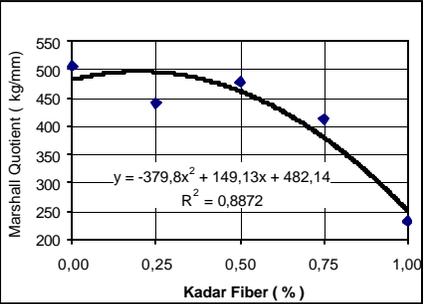
(b). Hub. antara Stabilitas - Kadar Fiber



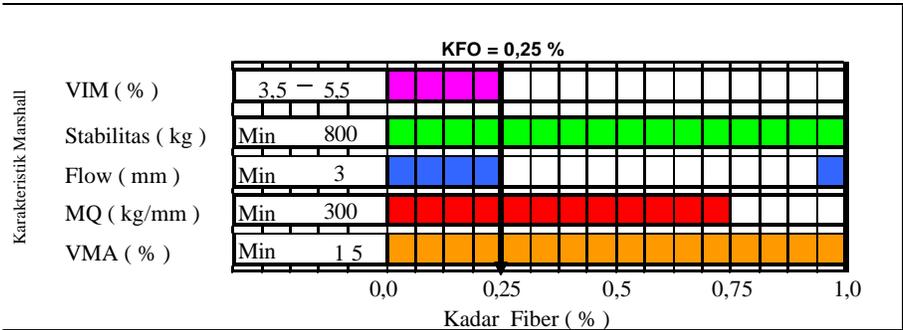
(c). Hub. antara VMA - Kadar Fiber



(d). Hub. antara Flow - Kadar Fiber



(e). Hub. antara MQ - Kadar Fiber



(f). Diagram Analisis Kadar Fiber Optimum

Gambar 11. Grafik penentuan kadar fiber maksimal dengan kadar aspal optimum 7 %

Dari gambar 11f, berdasarkan diagram analisis di dapat kadar fiber optimum (KFO) 0,25 %, sebagai referensi kadar fiber yang memenuhi spesifikasi campuran perkerasan adalah maksimal 0,25 %.

## **6. Pengujian *Marshall Immertion***

Pengujian desain campuran perkerasan dengan *Marshall Immertion* dilakukan untuk mendapatkan indeks kekuatan sisa (IKS), dimana jumlah benda uji masing-masing 3 buah untuk campuran perkerasan tanpa fiber dan penambahan fiber 0,25 % dengan kadar aspal 7 %, direndam selama 24 jam pada temperatur 60 ° C pada *water bath*, setelah pengujian benda uji dengan alat *marshall* diperoleh data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* pada *proving ring* dan pembacaan *flow* pada *flowmeter* untuk tanpa fiber dan dengan fiber.

Dari hasil pengujian campuran perkerasan dengan alat *Marshall Immertion* dilakukan perhitungan secara tabelaris untuk mendapatkan stabilitas dengan hasil seperti pada tabel 21, dengan menggunakan berat jenis aspal (U) = 1,058 , berat jenis bulk total agregat (V) = 2,522 dan berat jenis efektif total agregat (W) = 2,559.

Tabel 21. Hasil pengujian *Marshall Immertion*

Berat jenis aspal (U) = 1,058  
 Berat jenis bulk total agregat (V) = 2,522  
 Berat jenis efektif total agregat (W) = 2,559

Kadar Serat Fiber (%)	Kadar Aspal terhadap (%)		Berat (gram)			isi benda uji	Berat isi benda uji	Bj. Maks. Teoritis	Rongga Udara	Rongga dm camp. Agr (%)	Stabilitas - Kg			Kelelahan mm	Quotient Marshall
			di udara	dalam air	K Permukaan						di baca	Kalibrasi	disesuaikan		
	A	B	in air	in water	SSD	cc	gr/c	gr/c	VIM	VMA	Stability			Flow	kg/mm
	Berat campuran		Berat agregat		E	E-D	$\frac{C}{F}$	$\frac{100-A}{W} + \frac{A}{U}$	$10 \cdot \frac{(100G)}{H}$	$10 \cdot \frac{(100AG)}{V}$	O	P	P x Korelasi volume benda uji	S	T
0	7,0	753	1266,00	718,00											
	7,0	753	1265,00	710,00	1285,00	575,00	220	2,328	5,50	1888	31,75	660,05	1200,57	210	571,70
	7,0	753	1263,00	710,50	1284,00	573,50	220	2,328	5,41	1879	29,03	599,82	1115,66	235	474,75
	<b>Rata - Rata</b>						<b>221</b>		<b>5,06</b>	<b>1849</b>			<b>1167,20</b>	<b>216</b>	<b>544,42</b>
0,25	7,0	753	1269,00	718,00	1283,00	565,00	225	2,328	3,53	1718	41,73	862,24	1629,62	450	362,14
	7,0	753	1271,00	714,50	1291,00	576,50	220	2,328	5,30	1870	30,84	637,30	1166,27	205	568,91
	7,0	753	1278,00	719,50	1290,00	570,50	224	2,328	3,78	1740	30,39	627,93	1167,95	322	362,72
	<b>Rata - Rata</b>						<b>223</b>		<b>4,20</b>	<b>1776</b>			<b>1321,28</b>	<b>326</b>	<b>431,26</b>

## 7. Indeks Kekuatan Sisa

Hasil pengujian stabilitas *Marshall* standar tanpa fiber 1708,35 kg ( $S_1$  *Marshall* standar tanpa serat) dan stabilitas *Marshall* standar dengan fiber 1444,99 kg ( $S_1$  *marshall* standar dengan fiber) sedang hasil pengujian stabilitas *Marshall immersion* tanpa fiber 1167,20 kg ( $S_2$  *Marshall Immertio* tanpa fiber) dan hasil stabilitas *Marshall Immertion* dengan fiber 1321,28 kg ( $S_2$  *Marshall Immertion* dengan fiber)

- a. Perhitungan indeks kekuatan sisa tanpa fiber

$$IKS = \frac{1167,20}{1708,35} \times 100 \% = 68,32 \% > 75 \%$$

- b. Perhitungan indeks kekuatan sisa dengan fiber

$$IKS = \frac{1321,28}{1444,99} \times 100 \% = 91,44 \% > 75 \%$$

## C. Karakteristik Campuran Perkerasan

### 1. Pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum

Secara umum hubungan antara karakteristik *Marshall* terhadap kadar aspal untuk campuran perkerasan jalan aspal beton dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Grafik hubungan antara VIM, terhadap kadar aspal. Gambar 10a, menunjukkan bahwa lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal dari kadar aspal 5,5 % dengan VIM (5,85 %) sampai kadar aspal 8 % dengan VIM (3,60 %.), ini disebabkan karena jumlah aspal yang bertambah

akan mengisi rongga diantara agregat, sehingga rongga diantara agregat yang tidak terisi aspal berkurang (VIM). Berdasarkan, TAI, 1974 dalam Silvia Sukirman, 2007, bahwa Lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara *ultimit* mencapai nilai minimum.

- b. Grafik hubungan antara stabilitas terhadap kadar aspal gambar 10b. menunjukkan bahwa, lengkung stabilitas akan meningkat jika kadar aspal meningkat dari kadar aspal 5,5 % dengan stabilitas (1676,58 kg) sampai pada kondisi kadar aspal pada 6 % dan 6,5% dengan stabilitas (1731,59 kg) dan setelah itu dengan penambahan kadar aspal 7 %, lengkung stabilitas mulai menurun sampai kadar aspal 8 % dengan stabilitas (1537,87 kg/mm), stabilitas meningkat dari kadar aspal 5,5 % sampai kadar aspal 6,5 %, ini disebabkan karena kadar aspal dalam campuran memenuhi kebutuhan untuk digunakan menyelimuti agregat dengan sempurna, sehingga agregat dapat saling mengunci (*interlocking*), sedang pada kadar aspal 7 % keatas agregat sudah tidak saling mengunci akibat aspal diantara agregat berlebihan (selimut aspal tebal) sehingga stabilitas mulai menurun, dengan demikian dapat mengakibatkan *bleeding* dan perubahan bentuk permukaan jalan akibat *deformasi plastis*. Dan berdasarkan, TAI, 1974 dalam Silvia Sukirman, 2007, bahwa Stabilitas akan meningkat jika kadar

aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.

- c. Grafik hubungan antara VMA, terhadap kadar aspal gambar 10c, menunjukkan bahwa, lengkung VMA akan naik dengan bertambahnya kadar aspal dari kadar aspal 5,5 % dengan VMA (16,25 %) sampai kadar aspal 8 % dengan VMA (19,17 %), ini disebabkan karena jumlah aspal yang mengisi rongga di dalam agregat bertambah (VMA) seiring bertambahnya kadar aspal. Dan berdasarkan, TAI, 1974 dalam Silvia Sukirman, 2007, bahwa Lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal, dan berdasarkan kemungkinan gambar 2d telah dilakukan penambahan variasi kadar aspal menjadi enam variasi, namun VMA tetap bertambah, sehingga kemungkinan bentuk gambar 2d yang diperoleh dapat dilakukan.
- d. Grafik hubungan antara *flow*, terhadap kadar aspal gambar 10d, menunjukkan bahwa, *flow* menurun dengan bertambahnya kadar aspal dari kadar aspal 5,5% dengan *flow* (3,23 mm) sampai kadar aspal 6,5 % dengan *flow* (3,05 mm), dan setelah itu *flow* mulai meningkat pada kadar aspal 7 % dengan *flow* (3,38 mm) sampai kadar aspal 8 % dengan *flow* (4,37 mm), ini disebabkan karena jumlah aspal dalam campuran yang

bertambah mengisi rongga di antara agregat, dengan bertambahnya aspal lagi, dimana rongga di antara agregat sudah jenuh, menyebabkan selimut aspal menjadi tebal dan *flow* meningkat. Dan berdasarkan TAI, 1974 dalam Silvia Sukirman, 2007, bahwa kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.

- e. Grafik hubungan antara *Marshall Quontien* (MQ), terhadap kadar aspal gambar 10e, menunjukkan bahwa, MQ akan naik dengan bertambahnya kadar aspal dari 5,5 % dengan MQ (522,24 kg/mm) sampai kadar aspal 6,5 % dengan MQ (567,74 kg/mm), dan sesudah itu dengan penambahan kadar aspal 7 %, MQ mulai menurun sampai kadar aspal 8 % dengan MQ (354,87 kg/mm), ini disebabkan karena pada kadar aspal 7 % stabilitas menurun sedangkan *flow* bertambah terus sampai kadar aspal 8 %. Dimana MQ adalah perbandingan antara stabilitas dengan *flow*.

## **2. Pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum penambahan fiber**

Secara umum hubungan antara karakteristik *marshall* terhadap kadar aspal 7 % dengan penambahan fiber untuk campuran perkerasan jalan aspal beton, diuraikan sebagai berikut :

- a. Grafik hubungan antara VIM terhadap fiber gambar 11a, menunjukkan bahwa, VIM menurun dengan ditamhkannya

fiber, dimana fiber 0 % dengan VIM (4,31 %), dan jika ditambahkan fiber 0,25 % dengan VIM (3,77 %), dan VIM akan menurun terus sampai kadar fiber 1 % dengan VIM (2,27 %), ini disebabkan karena rongga pada campuran yang seharusnya diisi oleh aspal, tetapi karena sebagian aspal telah diserap oleh fiber, sehingga aspal yang akan mengisi rongga telah berkurang, tetapi berdasarkan pengujian karakteristi *marshall* memperlihatkan bahwa semakin banyak fiber yang ditambahkan ternyata nilai VIM terus menurun, disebabkan oleh fiber yang mengisi rongga didalam campuran

- b. Grafik hubungan antara stabilitas terhadap fiber gambar 11b, menunjukkan bahwa, stabilitas menurun jika ditambahkan fiber, dimana tanpa fiber (0 %) dengan stabilitas (1708,35 kg), jika ditambahkan fiber 0,25 % dengan stabilitas (1444,99 kg), maka stabilitas akan menurun sampai kadar fiber 1 % dengan stabilitas (1149,96 kg), ini disebabkan karena fiber menyerap aspal, sehingga kandungan aspal di dalam campuran berkurang, maka fungsi aspal sebagai pengikat berkurang mengakibatkan stabilitas menurun.
- c. Grafik hubungan antara VMA, terhadap fiber gambar 11c, menunjukkan bahwa, VMA menurun dengan ditambahkan fiber dari kadar fiber 0,25 % dengan VMA (17,39 %) sampai kadar fiber 1 % dengan VMA (16,11 %), ini disebabkan karena jumlah

aspal yang mengisi rongga pada agregat berkurang sebab sebagian aspal diserap oleh fiber, sebelum aspal mengisi rongga pada agregat.

- d. Grafik hubungan antara *flow* terhadap fiber gambar 11d, menunjukkan bahwa, *flow* menurun dengan ditambahkan fiber, dimana tanpa fiber (0 %) dengan *flow* (3,38 mm), jika ditambahkan fiber 0,25 % dengan *flow* (3,28 mm), maka *flow* akan menurun sampai kadar fiber 0,50 % dengan *flow* (2,55 mm) dan *flow* kembali naik pada kadar fiber 0,75 % dengan *flow* (2,91 mm) sampai kadar fiber 1 % dengan *flow* (5,42 mm), ini disebabkan karena sebahagian aspal diserap oleh fiber, sehingga aspal yang menyelimuti agregat berkurang, dan ini mengakibatkan nilai *flow* menurun, tetapi pada kadar fiber 0,75 % kembali naik, ini disebabkan karena fiber memiliki nilai kelenturan, ini ditunjukkan pada penambahan fiber 1 % nilai *flow*nya bertambah besar dan memenuhi spesifikasi.
- e. Grafik hubungan antara *Marshall Quontien (MQ)*, terhadap fiber gambar 11e, menunjukkan bahwa, MQ menurun dari fiber 0 % dengan MQ (506,57 kg/mm) sampai fiber 0,25 % dengan MQ (441,36 kg/mm), dan MQ bertambah pada kadar fiber 0,50 % dengan MQ (478,16 kg/mm), dan menurun lagi pada kadar fiber 0,75 % dengan MQ (412,81 kg/mm) sampai kadar fiber 1 % dengan MQ (232,51 kg/mm), ini disebabkan karena pada kurva

stabilitas nilai menurun sementara pada kurva *flow* terlihat bahwa fiber dari 0 % sampai 0,25 % nilainya menurun dan pada fiber 0,50 % nilai stabilitas menurun juga nilai *flow* menurun dan menunjukkan nilai terkecil, sedang pada fiber 0,75 % dan 1 % stabilitas tetap menurun tetapi nilai *flow* meningkat.

### **3. Pengujian *Marshall Immertion***

#### **a. Tanpa fiber**

Dari hasil perhitungan indeks kekuatan sisa tanpa fiber 68,32 % lebih kecil dari standar Bina Marga 75 %, ini berarti bahwa perkerasan jalan tidak tahan terhadap pengaruh suhu dan lamanya terendam air, ini disebabkan oleh perkerasan jalan yang terendam air dalam jangka waktu lama ( 24 jam) dimana air dapat masuk kedalam rongga perkerasan jalan dan mempengaruhi ikatan antara agregat sehingga stabilitas atau kekuatan jalan menurun.

#### **b. Penambahan fiber**

Hasil perhitungan indeks kekuatan sisa dengan fiber 91,44 % lebih besar dari standar Bina Marga 75 %, ini berarti bahwa perkerasan jalan yang menggunakan fiber tahan terhadap pengaruh suhu dan lamanya rendaman air, ini disebabkan oleh adanya fiber dalam campuran yang membantu mengurangi penyerapan air kedalam perkerasan sehingga penyerapan air berkurang, dan mengakibatkan penurunan stabilitas, sehingga karakteristik

campuran dapat dipertimbangkan untuk perkerasan jalan yang bergradasi buruk, dan baik digunakan pada konstruksi jalan yang selalu terendam air atau drainase yang tidak berfungsi dengan baik.

### c. Tanpa dan penambahan fiber

Berdasarkan hasil analisis *marshall immersion*, tanpa fiber dan dengan fiber, terlihat bahwa fiber yang digunakan dalam campuran perkerasan akan membantu mengurangi penyerapan air dibandingkan jika tanpa fiber, sehingga lapisan perkerasan kedap air.

## D. Kekuatan Campuran

### 1. Penentuan koefisien kekuatan relatif

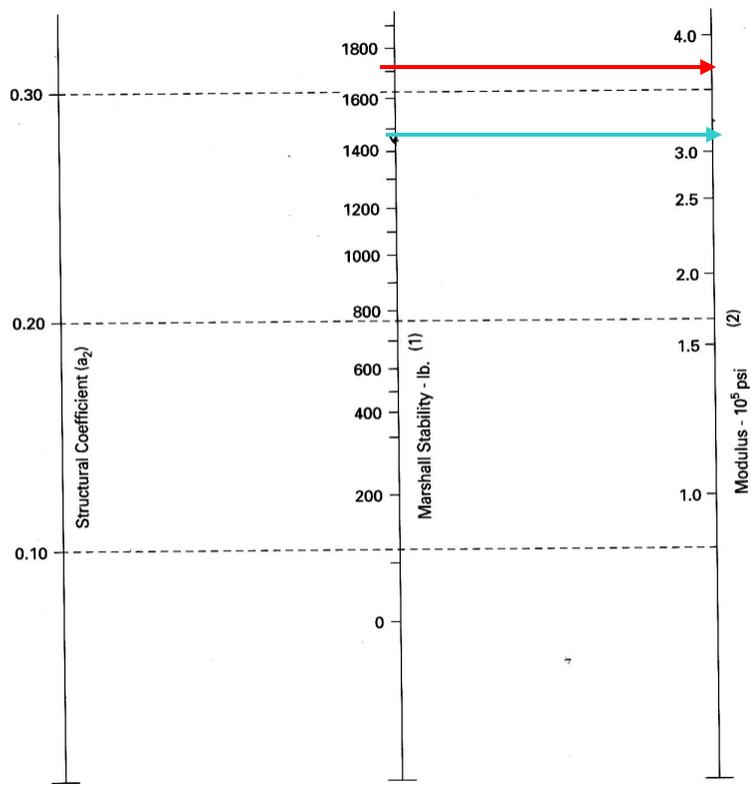
#### a. Tanpa fiber

Penentuan koefisien kekuatan relatif ditentukan berdasarkan gambar 13, grafik hubungan antara *Modulus Elastisitas* dengan angka koefisien kekuatan relatif bahan. Dan dari hasil pengujian *marshall* standar tanpa fiber dengan kadar aspal 7 %, stabilitas (1708,35 kg), dimana hasil stabilitas di konversi ke dalam satuan modulus elastisitas (psi) dengan menggunakan gambar 12, grafik variasi bitumen dengan parameter tegangan, didapat  $E_{AC} = 3,7 \times 10^5 \text{ psi} = 370.000 \text{ psi}$ , setelah didapatkan hasil *modulus elastisitas*,

digunakan gambar 13, untuk mendapatkan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ) = 0,41

**b. Penambahan fiber**

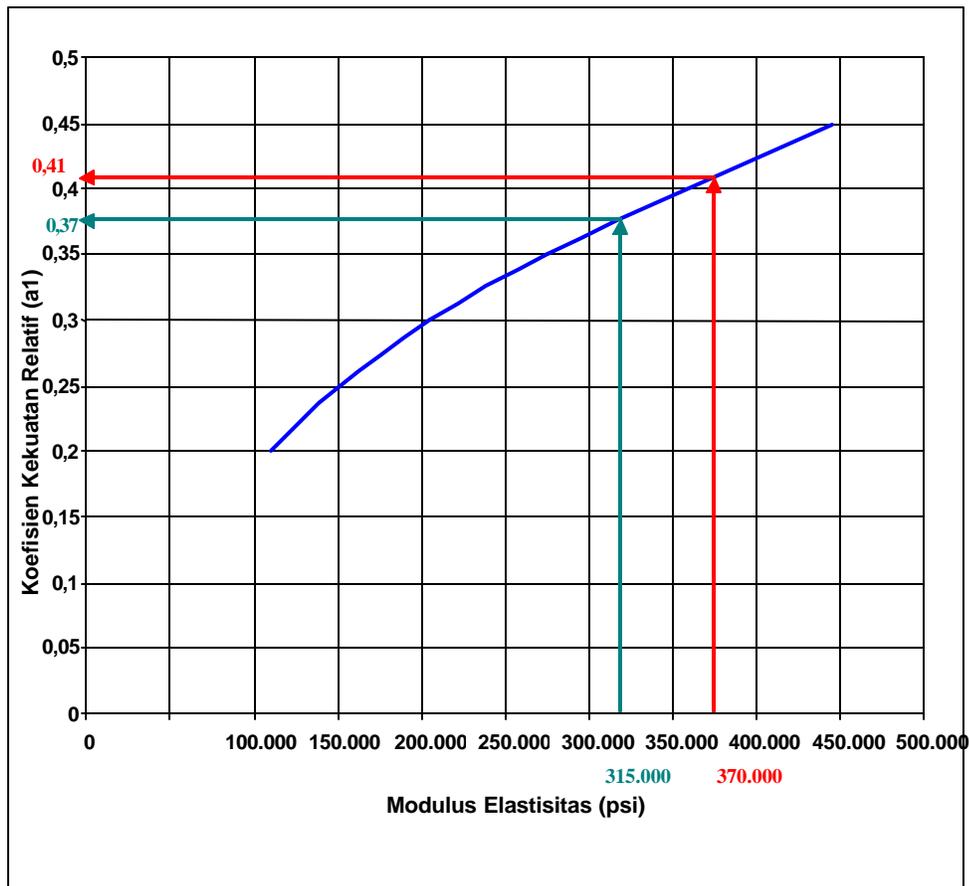
Demikian pula pengujian dengan penambahan fiber 0,25 % dengan kadar aspal 7 %, stabilitas (1444,99 kg/mm), dimana  $E_{AC} = 3,15 \times 10^5$  psi = 315.000 psi dan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ) = 0,37



- (1). Skala korelasi diambil dari Illinois.
- (2). Skala pada NCHRP project.

Sumber : *Highway Engineering* (Paul H. W/Karen K. D. 2004),

Gambar 12. Grafik variasi bitumen dengan parameter tegangan



Sumber : *Highway Engineering* (Paul H. W/Karen K. D. 2004),

Gambar 13. Grafik hubungan antara modulus elastisitas dengan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ )

## 2. Karakteristik koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ )

Berdasarkan hasil penentuan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ), bahwa tanpa fiber ( $a_1$ ) = 0,41 dan penambahan fiber ( $a_1$ ) = 0,37. Ini berarti penggunaan koefisien kekuatan relatif dalam perencanaan tebal perkerasan lebih baik menggunakan nilai koefisien yang diperoleh dari hasil pengujian campuran dengan bahan perkerasan yang akan digunakan pada saat pelaksanaan konstruksi.

Hal ini sesuai dengan himbauan Bina Marga yang menyatakan bahwa dalam merancang tebal perkerasan sebaiknya menggunakan agregat lokal. Himbauan ini terbukti dari hasil pengujian campuran laston di laboratorium yang mendapatkan nilai koefisien kekuatan relatif yang berbeda dengan ketentuan Bina Marga yaitu untuk MS 744 dengan koefisien kekuatan relatif  $(a_1) = 0,40$  sehingga pada saat perencanaan tebal perkerasan dengan campuran yang dimodifikasi sebaiknya dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai koefisien kekuatan relatif  $(a_1)$  campuran tersebut.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan.

Berdasarkan analisis hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian agregat milan, ternyata tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga, setelah dilakukan agregat gabungan, dimana kurva agregat gabungan dua kali memotong kurva fuller. Untuk dapat menggunakan agregat milan dibuatkan gradasi agregat rancangan campuran yang berada diatas kurva fuller dengan komposisi :
  - ? agregat kasar = 51 %
  - ? agregat halus = 40 %
  - ? Filler (abu batu) = 9 %
2. Hasil pengujian karakteristik *marshall* standar dengan menggunakan agregat milan tanpa fiber di peroleh kadar aspal optimum 7 %, *stabilitas* 1708,35 kg, *flow* 3,38 mm, *VIM* 4,31 %, *VMA* 17,85 %, *MQ* 506,57 kg/mm. Dengan penambahan serat fiber 0,25 % yang memberi nilai karakteristik *marshall* standar yang

lebih kecil dengan *stabilitas* 1444,99 kg, *flow* 3,28 mm, *VIM* 3,77 %, *VMA* 17,39 %, dan *MQ* 441,36 kg/mm,

3. Stabilitas pada kadar aspal 7 % tanpa fiber 1708,35 kg, jika ditambahkan fiber 0,25 % maka stabilitas menurun menjadi 1444,99 kg, ini disebabkan karena fiber menyerap aspal, sehingga aspal dalam campuran berkurang, maka fungsi aspal sebagai pengikat berkurang mengakibatkan stabilitas menurun.
4. Stabilitas *marshall immertion* tanpa fiber 1167,20 kg dan hasil stabilitas *marshall immertion* penambahan fiber 1321,28 kg, dan indeks kekuatan sisa tanpa fiber 68,32 % ? 75 % (BM) sedangkan indeks kekuatan sisa penambahan fiber 91,44 % ? 75 %
5. Hasil pengujian *marshall immertion*, ditemukan bahwa penambahan fiber, dapat meningkatkan kualitas campuran dan kededapan air, sehingga campuran dapat dipertimbangkan untuk perkerasan jalan yang bergradasi buruk. Dan baik digunakan pada konstruksi jalan yang selalu terendam air atau drainase yang tidak berfungsi dengan baik.
6. Penentuan koefisien kekuatan relatif ( $a_1$ ), berdasarkan pengujian *marshall* standar tanpa fiber 0,41 dan penambahan fiber 0,37. Jika dibandingkan koefisien kekuatan relatif MS. 744 nilai  $a_1 = 0,40$  (Bina Marga), dengan agregat milan naik menjadi 0,41 berarti

dapat mengurangi tebal lapisan aspal beton (laston) sebesar 2,5 % dalam perencanaan dan jika dibandingkan dengan penambahan fiber, maka perlu penambahan tebal lapisan aspal beton 7,5 %

### **B. Saran**

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penambahan fiber sebaiknya digunakan pada konstruksi jalan yang selalu terendam air.
2. Penggunaan fiber sebagai bahan tambah, sebaiknya digunakan pada perkerasan jalan *non struktural*, misalnya Burtu, Burda, Latasir, Lataston yang berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air.
3. Penggunaan fiber sebagai bahan tambah pada lapisan perkerasan perlu penerapan dilapangan.
4. Penggunaan koefisien kekuatan relatif dalam mendesain tebal perkerasan jalan sebaiknya menggunakan hasil pengujian marshall untuk material lokasi yang bersangkutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (1998), ***Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus for Bituminous Mixtures, D 4123-82 (1995)***, Annual Books of ASTM Standar.
- Brown, S.F and Brutton, J.M, (1982) ***An Introduction to The Analytical Desing of Bituminous Pavements, University of Nottingham.***
- Departemen Kimpraswil (2003), **Campuran Beraspal Panas. Buku V Spesifikasi Khusus**
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1987), **Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya SKB/ 2.4.26.1987.**
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1999), **Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak**, Pedoman Teknis No. 025/T/BM/1999.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2007), **Campuran Beraspal Panas Buku V Spesifrkasi Khusus.**
- Fwa,T.F., Tan,S.A. (1992), ***Laboratory Evaluation of Rutting Potential of Ashalt Mixture, Effects of Aggregate and Mineral Fillers on Asphal Mixture Performance, ASTM STP 1147, Meininger, R.C., Editor, American Society for Testing and Materials, Philadelphia P.A.***
- Kennedy, T.W (1977), ***Characterization of Asphalt Pavement Materials Using the Indirect Tensile Test, Proceedings Association of Asphalt Paving Technologist, San Antonio, Texas.***
- O'Flaherty C. A, ***Highways, The Location, Design, Construction & Maintenance of Road Pavement***, Fourth Edition, published by Butterworth-Heinemann 2002.
- Parker, F., Brown, E.R. (1992), ***Effects of Aggregate Properties on Flexible Pavement Rutting in Alabama, Effects of Aggregate and Mineral Fillers on Asphal Mixture Performance, ASTM STP 1147, Meininger, R.C., Editor, American Society for Testing and Materials, Philadelphia P.A.***

- Paul H. Wright / Karen K. Dixon, ( 2004 ) **Highway Engineering**, Seventh Edition, Jonh Wiley & Sons, Inc, United States of America
- Said, S.F. (1997), **Variability in Road Base Layer Properties Conducting Indirect Tensile Test**, *Proceedings of Eighth International Conference on Asphalt Pavements*, University of Washington, Seattle, Washington U.S.A.
- Shuler, T.S., Huber, G.A. (1992), **Effect of Aggregate Size and Other Factors on Refusal Density of Asphalt Concrete by Vibratory Compaction, Effects of Aggregate and Mineral Fillers on Asphal Mixture Performance**, ASTM STP 1147, Meininger, R.C., Editor, American Society for Testing and Materials, Philadelphia P.A.
- Shell Bitumen (1990), **The Shell Bitumen Handbook**, Shell Bitumen, U.K.
- SHRP (1994), **Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave)** : *The Product of The SHRP Asphalt Research Program, SHRP-A-410, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington DC.*
- Sukirman, Silvia (2003), **Beton Aspal Campuran Panas**; edisi 1. Jakarta: Granit
- The Asphalt Institute (1983), **Principles of Construction of Hot Mix Asphalt Pavements**, Manual Series No.22, The Asphalt Institute.
- The Asphalt Institute (1993), **Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types**, Manual Series No.2, Sixth Edition, The Asphalt Institute.
- Yamin, R.A. (2002), **Penentuan Gradasi Agregat Berdasarkan Spesifikasi Baru**, *Desiminasi Spesifikasi Baru Campuran Beraspal dengan Alat PRD*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Dept. Kimpraswil, Modul 2.
- Yoder, E.J., Witczak, M.W. (1975), **Principles of Pavement Design**, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York.



Lampiran B1  
Hasil Pengujian  
Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Berat  
SNI – 06 – 2456 – 1991

NO	Penetrasi Pada Suhu 25 <sup>0</sup> C, Beban 50 gram, Waktu 5 detik	Sampel	
		I	II
1	Pengamatan 1	62	70
2	Pengamatan 2	68	76
3	Pengamatan 3	71	64
4	Pengamatan 4	70	63
5	Pengamatan 5	60	77
	Rata-rata	66.2	70
	Nilai Penetrasi	68.1	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

**Ir. Benyamin Tanan, MT**

**Ir. Alpius, MT**



Lampiran B2  
Hasil Pengujian  
Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Berat  
SNI – 06 – 2456 - 1991

NO	Penetrasi Pada Suhu 25°C, Beban 50 gram, Waktu 5 detik	Sampel	
		I	II
1	Pengamatan 1	66	68
2	Pengamatan 2	69	65
3	Pengamatan 3	65	64
4	Pengamatan 4	68	64
5	Pengamatan 5	62	62
	Rata-rata	66	64.6
	Nilai Penetrasi	65.3	

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

Ir. Benyamin Tanan, MT

Ir. Alpius, MT



**Lampiran B3**  
**Hasil Pengujian**  
**Penurunan Berat Aspal**  
**SNI – 06 – 2440 – 1991**

No.	A	B	C	D	E	F	G
<b>Sampel</b>	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)
1,00	9,20	61,78	52,58	61,75	52,55	0,03	<b>0,06</b>
2,00	9,28	60,27	50,99	60,22	50,94	0,05	<b>0,10</b>
<b>Rata-rata</b>							<b>0,08</b>

Presentase Penurunan berat aspal ( $G$ ) ?  $\frac{F}{C} \times 100$

Keterangan :

- A = Berat tin box
- B = Berat (tin box + aspal) sebelum dioven
- C = Berat aspal sebelum dioven =  $B - A$
- D = Berat (tin box + aspal) setelah dioven
- E = Berat aspal setelah dioven =  $D - A$
- F = Jumlah penurunan berat =  $C - E$
- G = Prosentase penurunan rata-rata berat aspal

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

**Ir. Benyamin Tanan, MT**

**Ir. Alpius, MT**



Lampiran B4  
Hasil Pengujian  
Berat Jenis Aspal  
SNI – 06 – 2488 – 1991

No.	A	B	C	D	E
<b>Sampel</b>	(gm)	(gm)	(gm)	(gm)	(gm)
<b>1</b>	41.02	89.65	73.63	91.73	1.067
<b>2</b>	41.62	93.79	75.63	95.39	1.049
<b>Rata-rata</b>					<b>1.058</b>

Keterangan :

$$E = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)}$$

Dimana :

A = Berat piknometer (gram)

B = Berat piknometer + air suling (gram)

C = Berat piknometer + aspal (gram)

D = Berat piknometer + air suling + aspal (gram)

E = Berat jenis aspal

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

Ir. Benyamin Tanan, MT

Ir. Alpius, MT



Lampiran B5  
Hasil Pengujian  
Titik Lembek Aspal  
SNI – 06 – 2434 - 1991

No	Suhu bola jatuh		Waktu (detik)	
	I	II	I	II
1	5	5	0	0
2	10	10	01'00"	
3	15	15	03'51"	
4	20	20	04'03"	
5	25	25	09'50"	
6	30	30	11'10"	
7	35	35	13'03"	
8	40	40	14'32"	
9	45	45	15'41"	
10	50	50	16'35"	
11	<b>53</b>	53	<b>17'46"</b>	
12		55		17'58"
13		<b>56</b>		<b>18'01"</b>

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

Ir. Benyamin Tanan, MT

Ir. Alpius, MT



Lampiran B6  
Hasil Pengujian  
Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal  
SNI – 06 – 2433 - 1991

NO	Suhu	Suhu	Waktu	Waktu
	Titik Nyala (° C)	Titik Bakar (° C)	Titik Nyala (° C)	Titik Bakar (° C)
1	150	150	00' 00"	00' 00"
2	160	160	00' 57"	00' 57"
3	170	170	01' 47"	01' 47"
4	180	180	02' 33"	02' 33"
5	190	190	03' 16"	03' 16"
6	200	200	04' 01"	04' 01"
7	210	210	04' 50"	04' 50"
8	220	220	05' 41"	05' 41"
9	230	230	06' 36"	06' 36"
10	240	240	07' 34"	07' 34"
11	250	250	08' 39"	08' 39"
12	260	260	09' 54"	09' 54"
13	270	270	11' 05"	11' 05"
14	280	280	12' 26"	12' 26"
15	290	290	14' 15"	14' 15"
16	<b>300</b>	300	<b>16' 39"</b>	
17		<b>310</b>		<b>19' 47"</b>

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

Ir. Benyamin Tanan, MT

Ir. Alpius, MT



**Lampiran B7**  
**Hasil Pengujian**  
**Daktilitas (Kelenturan) Aspal**  
**SIN – 06 – 2432 – 1991**

<b>NO</b>	<b>KEGIATAN</b>	<b>URAIAN</b>	
1	Pemanasan Contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam = 11.00 Selesai jam = 11.30	Pembacaan suhu  = 150 °C
2	Mendinginkan Contoh	Didiamkan disuhu ruang Mulai jam = 18.12 Selesai jam = 18.30	
3	Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu (25°C) Mulai jam = 18.30 Selesai jam = 19.00	Pembacaan suhu Waterbath  = 25 °C

<b>Daktilitas pada 25°C, 5cm per menit</b>	<b>Pembacaan pengukuran pada alat</b>
Pengamatan I	> 150
Pengamatan II	> 150
Pengamatan III	> 150
Rata-rata	<b>&gt; 150</b>

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Asisten Lab.

**Ir. Benyamin Tanan, MT**

**Ir. Alpius, MT**



Lampiran B8  
Hasil Pengujian  
Pemeriksaan Viskositas  
AASHTO T-72-97

No	Pembacaan suhu (° C)	Pengamatan	
		Waktu (detik)	Viskositas Kinetik (Cst)
		1	120
2	140	327	712,86
3	160	157	342,26

Viskositas Kinetik (cst) = SFS x FK

Dimana :

SFS = Kekentalan saybolt Furol yang telah dikoreksi dalam detik

FK = Faktor Koreksi ; FK = 2,18

Cst = Centi Stokes

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

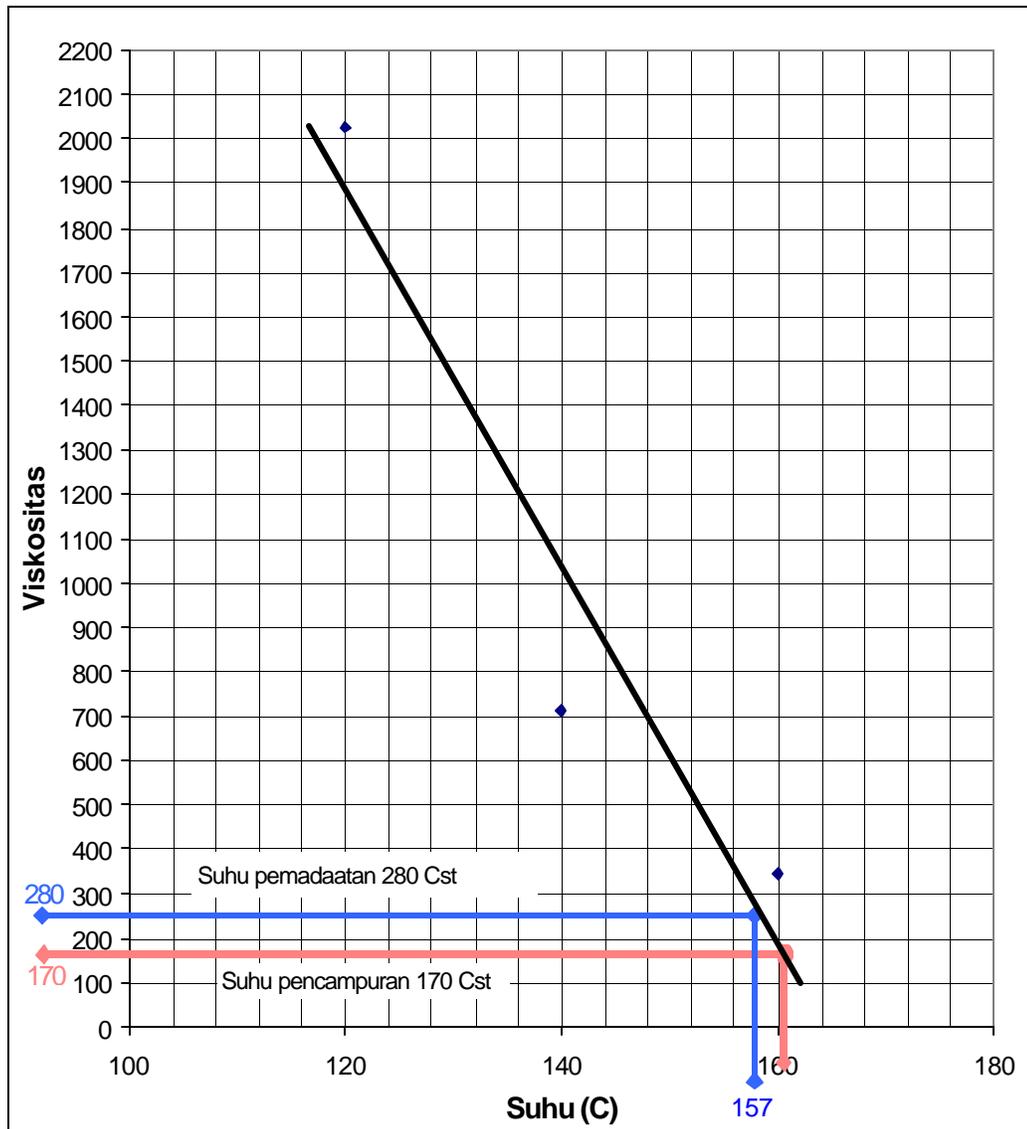
Asisten Lab.

Ir. Benyamin Tanan, MT

Ir. Alpius, MT



Laboratorium Jalan dan Aspal  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar





Lampiran C  
ANGKA KORELASI STABILITAS

NO	Isi Benda Uji (cm <sup>3</sup> )	Tabal Benda Uji		Angka Korelasi
		(in)	(mm)	
1	200 - 213	1'	25,4	5,56
2	214 - 225	1', 1/16	27,0	5,00
3	226 - 237	1', 1/8	28,6	4,55
4	238 - 250	1', 3/16	30,2	4,17
5	251 - 264	1', 1/4	31,8	3,85
6	265 - 276	1', 5/16	33,3	3,57
7	277 - 289	1', 3/8	34,9	3,33
8	290 - 301	1', 7/16	36,5	3,03
9	302 - 316	1', 1/2	38,1	2,78
10	317 - 328	1', 9/16	39,7	2,50
11	329 - 340	1', 5/8	41,3	2,27
12	341 - 353	1', 11/16	42,9	2,08
13	354 - 367	1', 3/4	44,4	1,92
14	368 - 379	1', 13/16	46,0	1,79
15	380 - 392	1', 7/8	47,6	1,67
16	393 - 405	1', 15/16	49,2	1,56
17	406 - 420	2'	50,8	1,47
18	421 - 431	2', 1/16	52,4	1,39
19	432 - 443	2', 1/8	54,0	1,32
20	444 - 456	2', 3/16	55,6	1,25
21	457 - 470	2', 1/4	57,2	1,19
22	471 - 482	2', 5/16	58,7	1,14
23	483 - 495	2', 3/8	60,3	1,09
24	496 - 508	2', 7/16	61,9	1,04
25	509 - 522	2', 1/2	63,5	1,00
26	523 - 535	2', 9/16	64,0	0,96
27	536 - 546	2', 5/8	65,1	0,93
28	547 - 559	2', 11/16	66,7	0,89
29	560 - 573	2', 3/4	68,3	0,86
30	574 - 585	2', 13/16	71,4	0,83
31	586 - 598	2', 7/8	73,0	0,81
32	599 - 610	2', 15/16	74,6	0,78
33	611 - 625	3'	76,2	0,76

**Lampiran D**  
**Foto-Foto Dokumentasi**



Gambar D1. Peralatan stone crusher



Gambar D2. Lokasi penumpukan agregat kasar



Gambar D3. Lokasi penumpukan agregat halus



Gambar D4. Pengambilan agregat kasar



Gambar D5. Pengambilan agregat halus



Gambar D6. Analisa Saringan



Gambar D7. Penimbangan Agregat



Gambar D8. Agregat Campuran



Gambar D9. Pemanasan Agregat



Gambar D10. Pencampuran Agregat dan Aspal



Gambar D11. Penumbukan Campuran Dalam Mold



Gambar D12. Hasil Penumbukan Campuran



Gambar D13. Alat Perendaman (*Water Bath*)



Gambar D14. Penimbangan Benda Uji



Gambar D15. Penimbangan Benda Uji Dalam Air



GambarD16. Pengujian Marshall



Gambar D17. Alat Viscositas



Gambar D18. Alat Penetrasi