



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SIFAT BAHAN DASAR PEMBENTUK CAMPURAN
ASPAL MODIFIKASI POLIMER AKIBAT PERENDAMAN
AIR ROB**

SKRIPSI

SITI FATMAWATI

0706166586

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2011**

1053/FT.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SIFAT BAHAN DASAR PEMBENTUK CAMPURAN
ASPAL MODIFIKASI POLIMER AKIBAT PERENDAMAN
AIR ROB**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Sipil

SITI FATMAWATI

0706166586

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

DEPOK

JULI 2011

i

1053/FT.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITY OF INDONESIA

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF TIDE WATER IMMERSION
TO THE POLYMER MODIFIED ASPHALT CONCRETE
MATERIALS**

UNDERGRADUATE THESIS

Proposed as a requirement to get bachelor degree

SITI FATMAWATI

0706166586

**ENGINEERING FACULTY
CIVIL ENGINEERING PROGRAM**

DEPOK

JULI 2011

ii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Siti Fatmawati

NPM : 0706166586

Tanda Tangan :



Tanggal : 11 Juli 2011

ORIGINALITY PAGE

**This undergraduate thesis is my own creation,
and all sources that are referred and quoted are true**

Name : Siti Fatmawati

Student Number : 0706166586

Signature :



Date : July, 11th 2011

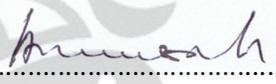
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Siti Fatmawati
NPM : 0706166586
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Sifat Bahan Dasar Pembentuk Campuran Aspal
Modifikasi Polimer Akibat Perendaman Air Rob

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Heddy R. Agah, M.Eng (.....)

Penguji 1 : Ir. Ellen S.W. Tangkudung, M.Sc (.....)

Penguji 2 : Ir. Martha Leni Siregar, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 11 Juli 2011

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :

Name : Siti Fatmawati
Student Number : 0706166586
Program : Civil Engineering
Title of final report : Analysis of the Effect of Tide Water Immersion to the Polymer Modified Asphalt Concrete Materials

Has been successfully defended in front of the Examinery and accepted as part of the necessary requirement : to obtain Bachelor Engineering Degree in Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Councilor : Ir. Heddy R. Agah, M.Eng (..........)

Examiner 1 : Ir. Ellen S.W. Tangkudung, M.Sc (..........)

Examiner 2 : Ir. Martha Leni Siregar, M.Sc (..........)

Approved at : Depok

Date : July, 11th 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas hidayah-Nya penulisan skripsi dengan judul “**Analisa Sifat Bahan Dasar Pembentuk Campuran Aspal Modifikasi Polimer Akibat Perendaman Air Rob**” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, menyelesaikan skripsi ini bukan hal yang mudah. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Heddy R. Agah, M.Eng sebagai pembimbing yang selalu memberikan banyak bimbingan dan arahan mulai dari penulisan tahap seminar skripsi hingga tahap skripsi.
2. Ir. Mulia Orientilize, M.Eng, selaku pembimbing akademis penulis yang sudah memberikan banyak bimbingan kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini.
3. Ir. Ellen S.W. Tangkudung, M.Sc dan Ir. Martha Leni Siregar, M.Sc, selaku penguji yang sudah memberi banyak saran untuk penulisan tahap seminar skripsi hingga tahap skripsi.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang sudah mendidik dan membuka wawasan penulis.
5. Bapak H. Hermansyah dan Ibu Hj. Arbaiyah, orangtua penulis, yang telah membesarkan dan mendidik penulis hingga bisa menjadi seperti sekarang ini. Kakak dan adik penulis : Siti Darmatasia, S.E dan Muhamad Abdul Hadi, yang selalu memberi dukungan dan doa.
6. Karyawan kantor dan AMP PT. Widya Sapta Colas (Pak Andre, Pak Taufik, Pak Ronny, dll) yang sudah membantu dalam penggunaan seluruh material campuran aspal yang digunakan untuk penelitian.
7. Karyawan Laboratorium Material Perkerasan Jalan (Pak Zaelani, Bang Kusnendar, Pak Agus, dll) yang membantu selama penelitian.
8. Teman seperjuangan, Aep Riyadi yang menjadi rekan selama penelitian berlangsung.

9. Teman-teman sepeminatan transportasi 2007 dan teman-teman Sipil Lingkungan 2007 : Eti, Dinya, Christy, Agnes, Laras, Gita, Monic, Vini, Engga, Sri, Puji, dan teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
10. Mba Wiwid dan Pak Subagyo yang sudah memberikan semangat dan saran saat masa-masa tersulit.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan karena keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, dimohon saran untuk perbaikan skripsi ini.

Depok, 11 Juli 2011



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Fatmawati
NPM : 0706166586
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA SIFAT BAHAN DASAR PEMBENTUK CAMPURAN ASPAL
MODIFIKASI POLIMER AKIBAT PERENDAMAN AIR ROB**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 11 Juli 2011

Yang menyatakan



(Siti Fatmawati)

ABSTRAK

Nama : Siti Fatmawati
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Analisa Sifat Bahan Dasar Pembentuk Campuran Aspal Modifikasi Polimer Akibat Perendaman Air Rob

Jalan yang terletak pada daerah sekitar pesisir pantai sering mengalami genangan air rob akibat pasang surut air laut. Air laut tersebut melimpas dalam bentuk air rob dengan salinitas tinggi. Air rob yang meresap ke dalam lapisan perkerasan akan mengakibatkan terjadi kerusakan. Solusinya adalah meningkatkan karakteristik campuran aspal beton. Salah satu metodenya adalah menambahkan zat aditif pada aspal yang digunakan. Penelitian ini menggunakan polimer jenis (*Styrene Butadiene Styrene*) sebagai bahan tambah untuk aspal.

Simulasi kondisi perendaman dilakukan dengan melakukan dua jenis uji perendaman, yaitu *continuous immersion* dan *intermittent immersion* dengan waktu antara 6 jam sampai dengan 72 jam. Benda uji dibuat berdasarkan uji *Marshall*. Uji ekstraksi dilakukan untuk mengevaluasi sifat dasar bahan campuran akibat perendaman. Sifat dasar bahan dianalisis menggunakan analisis faktor.

Hasil penelitian menyatakan penambahan polimer sebanyak 1% meningkatkan karakteristik aspal pada penetrasi dan titik lembek aspal sebesar 5,55%. Stabilitas campuran dipengaruhi oleh penambahan polimer dengan tingkat kepercayaan sebesar 71,2%. Penambahan polimer lebih dari 2% menyebabkan aspal menjadi lebih keras meskipun titik lembeknya lebih tinggi.

Kata Kunci:

Aspal Beton, Air Rob, Polimer, Uji Ekstraksi, Analisis Faktor

ABSTRACT

Name : Siti Fatmawati
Study Program : Civil Engineering
Title : Analysis of the Effect of Tide Water Immersion to the Polymer Modified Asphalt Concrete Materials

The road lies near the coastal areas often being flooded by tide water. Sea water overflows as a tide water with high salinity. Tide water that seeps into the pavement layers will cause damage. The solution is by improving the characteristics of asphalt concrete mixtures. One of the method is by adding additives to the asphalt which is used. Type of polymer which is used in this research is (*Styrene Butadiene Styrene*) as an ingredient added to the asphalt.

Simulation of immersion is done in two types of immersion tests, i.e. continuous immersion and intermittent immersion with time of immersion is between 6 hours to 72 hours. The samples are made depend on *Marshall test*. Extraction test is conducted to evaluate raw material properties due to immersion. The raw material properties is analyzed with factor analysis.

The result of research state that addition of the polymer as much as 1% is increased characteristics of asphalt in the penetration test and softening point of asphalt is 5.55%. Stability is affected by the addition of a polymer with a confidence level is 71.2%. The addition of polymer more than 2% causes the asphalt becomes harder though its softening points of asphalt is higher.

Keyword :

Asphalt Concrete, Rob Water, Polymer, Extraction Test, Factor Analysis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ORIGINALITY PAGE	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
STATEMENT OF LEGITIMATION	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Laboratorium Uji	6
2. STUDI LITERATUR	7
2.1 Material Perkerasan Jalan	7
2.1.1 Aspal	7
2.1.2 Agregat	12
2.1.2.1 Agregat Kasar	15
2.1.2.2 Agregat Halus	16
2.1.2.3 <i>Filler</i>	17
2.2 Air Laut Pasang (Air Rob)	17
2.3 Lapis Aspal Beton	18
2.4 Aspal Polimer	27
2.5 Pengaruh Air Terhadap Perkerasan Jalan	34
2.6 <i>Marshall Test</i>	36
2.7 Tes Permeabilitas	39
2.8 Uji Ekstraksi	41
2.9 Pengolahan Data Dengan Metode Analisis Faktor	43
3. METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Rencana Penelitian	50
3.2 Hipotesa	54
3.3 Pelaksanaan Penelitian	55
3.3.1 Bahan Baku Penelitian	55

3.3.2	Pemeriksaan Material	56
3.3.2.1	Pemeriksaan Aspal	56
3.3.2.2	Pemeriksaan Agregat	57
3.3.3	Pengujian Kandungan Air Rob	58
3.3.4	Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Perendaman Air Rob	58
3.3.5	Perancangan dan Pembuatan Benda Uji	59
3.3.6	Perendaman Sampel Dalam Air Rob	59
3.3.7	Pengujian <i>Marshall</i>	60
3.3.8	Pengujian Permeabilitas	60
3.3.9	Pengujian Pelapukan Dengan Cara Ekstraksi	61
3.4	Tahapan Analisis Data dan Pembahasan	62
3.5	Tahapan Kesimpulan dan Saran	64
4.	DATA DAN ANALISA HASIL PENELITIAN	65
4.1	Pengujian Kandungan Air Rob	65
4.2	Pengujian Material	66
4.2.1	Hasil Pengujian Aspal	66
4.2.2	Hasil Pengujian Aspal Polimer	69
4.2.3	Hasil Pengujian Agregat	74
4.3	Perumusan Sampel Untuk Mencari Kadar Campuran Optimum	78
4.3.1	Analisa Sebaran Butiran Gabungan	78
4.3.2	Sampel Kadar Campuran Optimum	80
4.4	Pengujian Dengan Variasi Waktu Perendaman	90
4.4.1	Metode <i>Continuous Immersion</i>	91
4.4.2	Metode <i>Intermittent Immersion</i>	95
4.4.3	Perbandingan Hasil Antara Metode <i>Continuous Immersion</i> dan Metode <i>Intermittent Immersion</i>	99
4.5	Pengaruh Air Rob Terhadap Sifat Dasar Campuran Aspal Beton	100
4.5.1	Pengaruh Air Rob Terhadap Agregat	100
4.5.2	Pengaruh Air Rob Terhadap Aspal	102
4.6	Analisa Kandungan Rongga Udara Dalam Campuran Aspal Beton	106
4.6.1	Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Pengukuran Tinggi dan Berat Benda Uji	106
4.6.2	Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Volume Aspal Setelah Uji Ekstraksi	113
4.6.3	Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Koefisien Permeabilitas	115
5.	PENUTUP	119
5.1	Kesimpulan	119
5.2	Saran	120
	DAFTAR PUSTAKA	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pemeriksaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya	11
Tabel 2.2	Spesifikasi Agregat	15
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Kasar	16
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus	17
Tabel 2.5	Persyaratan Gradasi Untuk <i>Filler</i>	17
Tabel 2.6	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	24
Tabel 2.7	Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Beton (AC)	25
Tabel 2.8	Gradasi Agregat Untuk Berbagai Tipe Laston	26
Tabel 2.9	Persyaratan Aspal Plastomer dan Elastomer	29
Tabel 2.10	Persyaratan Aspal Polimer	33
Tabel 2.11	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Dimodifikasi (<i>AC-Modified</i>)	34
Tabel 3.1	Jumlah Sampel Untuk Menentukan Campuran Aspal Optimum	49
Tabel 3.2	Jumlah Sampel Untuk Pengujian <i>Marshall</i> dan Pengujian Permeabilitas	49
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Kandungan Air Rob dan Air laut	65
Tabel 4.2	Pengujian Fisik Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	67
Tabel 4.3	Pengujian Fisik Aspal Polimer	70
Tabel 4.4	Pengujian Fisik Agregat	74
Tabel 4.5	Analisa Saringan Agregat	76
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Abrasi Agregat	77
Tabel 4.7	Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan	79
Tabel 4.8	Proporsi Campuran Aspal	81
Tabel 4.9	Pengukuran Fisik Campuran Aspal Tanpa Polimer	82
Tabel 4.10	Pengukuran Fisik Campuran Aspal 1% Polimer	83
Tabel 4.11	Pengukuran Fisik Campuran Aspal 2% Polimer	84
Tabel 4.12	Pengukuran Fisik Campuran Aspal 3% Polimer	85
Tabel 4.13	Stabilitas Campuran Aspal (Kg)	86
Tabel 4.14	<i>Void in The Mix</i> (VIM) Campuran Aspal (%).....	87
Tabel 4.15	<i>Void in Mineral Aggregate</i> (VMA) Campuran Aspal (%)	87
Tabel 4.16	Kelelehan (<i>Flow</i>) Campuran Aspal (mm)	88
Tabel 4.17	<i>Marshall Quotient</i> (MQ) Campuran Aspal	88
Tabel 4.18	Korelasi Matriks Berdasarkan Analisis Faktor	89
Tabel 4.19	Hasil Uji <i>Marshall</i> Sampel Tanpa Perendaman Air Rob	90
Tabel 4.20	Hasil Uji <i>Marshall</i> Perendaman <i>Continuous Immersion</i>	91
Tabel 4.21	Korelasi Matrik Hubungan Antara Waktu Perendaman <i>Continuous Immersion</i> dan Stabilitas Campuran Aspal	93
Tabel 4.22	Korelasi Matrik Hubungan Antara Waktu Perendaman <i>Continuous Immersion</i> dan Stabilitas Campuran Aspal	94
Tabel 4.23	Perbandingan Perbedaan Parameter Hasil Pengujian Tanpa dan Dengan Perendaman Dalam Air Rob Secara <i>Continuous</i>	

<i>Immersion</i>	95
Tabel 4.24 Hasil Uji <i>Marshall</i> Perendaman <i>Intermittent Immersion</i>	96
Tabel 4.25 Korelasi Matrik Hubungan Antara Waktu Perendaman <i>Intermittent Immersion</i> dan Stabilitas Campuran Aspal	97
Tabel 4.26 Korelasi Matrik Hubungan Antara Waktu Perendaman <i>Intermittent Immersion</i> dan Stabilitas Campuran Aspal	98
Tabel 4.27 Perbandingan Pengujian Parameter Hasil Pengujian Tanpa dan Dengan Perendaman Dalam Air Rob Secara <i>Intermittent Immersion</i>	99
Tabel 4.28 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian Sampel Dengan Metode <i>Continuous Immersion</i> dan <i>Intermittent Immersion</i>	100
Tabel 4.29 Berat Agregat Sebelum dan Sesudah Ekstraksi	101
Tabel 4.30 Kadar Aspal Sebelum dan Sesudah Ekstraksi	103
Tabel 4.31 Hasil Pengujian Sifat Dasar Aspal Sebelum dan Sesudah Ekstraksi	105
Tabel 4.32 Perhitungan Kandungan Air Campuran Aspal Tanpa Polimer Berdasarkan Persen Rongga Campuran	107
Tabel 4.33 Perhitungan Kandungan Air Campuran Aspal Dengan Polimer Berdasarkan Persen Rongga Campuran	108
Tabel 4.34 Perhitungan Kandungan Air Dalam Campuran Aspal Berdasarkan Persen Volume Aspal Setelah Ekstraksi	114
Tabel 4.35 Koefisien Permeabilitas Campuran Aspal	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hasil Pengujian Titik Lembek SBS PMB	31
Gambar 2.2	Mikrostruktur SBS-Aspal Modifikasi Melalui SEM (a) 3% SBS, (b) 5% SBS, (c) 6% SBS, (d) 9% SBS	32
Gambar 2.3	Persitiwa Menelusunya Air Dari Tanah Tersaturasi Pada Perkerasan Jalan yang Retak	35
Gambar 2.4	Peristiwa <i>Seepage</i>	35
Gambar 2.5	Skematik Campuran Aspal Setelah Pemadatan	36
Gambar 2.6	<i>Water Permeability Test</i>	39
Gambar 2.7	Skema Prosedur Analisis Faktor	45
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3.2	Contoh Grafik Stabilitas Campuran Aspal Selama Waktu Perendaman	63
Gambar 4.1	Pengujian Titik Lembek Aspal Polimer	71
Gambar 4.2	Pengujian Penetrasi Aspal Polimer	72
Gambar 4.3	Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Polimer	72
Gambar 4.4	Grafik Sebaran Gradasi Agregat	78
Gambar 4.5	Grafik Sebaran Gradasi Gabungan	80
Gambar 4.6	Grafik Stabilitas Campuran Aspal	86
Gambar 4.7	Grafik Stabilitas Campuran Aspal Metode <i>Continuous Immersion</i>	92
Gambar 4.8	Grafik Stabilitas Campuran Aspal Metode <i>Intermittent Immersion</i>	97
Gambar 4.9	Persen Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Tanpa Polimer	109
Gambar 4.10	Persen Total Kandungan Udara Dalam Campuran Aspal Modifikasi	110
Gambar 4.11	Persen Tingkat Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Tanpa Polimer	111
Gambar 4.12	Persen Tingkat Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Dengan Polimer	111
Gambar 4.13	Persen Rongga Terisi Air Untuk Campuran Aspal Tanpa Polimer	112
Gambar 4.14	Persen Rongga Terisi Air Untuk Campuran Aspal Dengan Polimer	112
Gambar 4.15	Persen Rongga Terisi Air Dalam Campuran Aspal	114
Gambar 4.16	Koefisien Permeabilitas Campuran Aspal Berdasarkan Waktu Perendaman	117

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Pengujian Material

Lampiran B : Dokumentasi Penelitian



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini jalan sebagai sarana transportasi darat sudah menjadi salah satu kebutuhan wajib bagi kehidupan manusia dalam menunjang keberhasilan pembangunan nasional. Perannya semakin menjadi hal yang tidak terpisahkan dengan kegiatan sehari-hari setiap orang, oleh karena itu diperlukan adanya jalan yang mampu memberikan pelayanan yang maksimum terhadap kegiatan manusia. Terkait dengan perannya dalam memberikan pelayanan dalam aksesibilitas, perencanaan terhadap konstruksi jalan harus ditinjau dari berbagai aspek perencanaan. Namun, konstruksi jalan tidak selamanya akan memberikan pelayanan yang maksimum dalam penggunaannya. Akan terjadi penurunan kualitas jalan akibat usia penggunaan maupun berbagai faktor lainnya, seperti akibat adanya pengaruh air dan suhu, yang menyebabkan terjadinya penurunan tingkat pelayanan jalan tersebut.

Indonesia merupakan salah satu negara yang dikelilingi oleh banyak laut dan memiliki banyak sungai, sehingga dikenal dengan Negara Maritim. Sebesar 62,88% (sumber: www.indonesia.go.id) dari total keseluruhan luas Indonesia merupakan wilayah perairan. Jakarta adalah salah satu contoh wilayah yang juga memiliki wilayah perairan, seperti daerah pada bagian utara Jakarta misalnya Kelurahan Muara Baru yang berdekatan dengan Pelabuhan Sunda Kelapa (Laut Jawa) dan juga Waduk Pluit serta kali Krukut. Dalam kehidupan transportasi darat terutama jalan, ternyata hal ini memberikan dampak negatif yaitu sering terjadinya genangan akibat air rob (air laut pasang) di atas permukaan jalan yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan dan pada akhirnya mengurangi tingkat pelayanan dari jalan tersebut. Air rob diartikan sebagai naiknya air laut ke daratan akibat adanya pengaruh siklus pasang surut air laut dan/ atau air balik dari saluran drainase akibat terhambat oleh air pasang.

Bila air rob meresap ke lapisan perkerasan akan mengakibatkan perkerasan jalan dengan aspal beton akan lebih mudah cepat menjadi getas dan rusak. Dan dampaknya adalah terjadi kerusakan pada jalan yang tergenang oleh air rob tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan kajian spesifik tentang pentingnya untuk mengetahui pengaruh perendaman air laut pasang (air rob) terhadap karakteristik bahan dasar pembentuk campuran aspal beton (*Hot Mix Asphalt*). Campuran aspal yang dipergunakan adalah jenis campuran aspal beton atau *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) dengan agregat gradasi rapat. Pemilihan ini didasarkan atas pemikiran bahwa aspal yang digunakan harus memiliki rongga udara yang kecil agar mampu memperkecil masuknya air rob dan mengisi rongga udara dalam campuran aspal. Apabila kondisi tersebut terjadi, akan berpengaruh pada penurunan kualitas campuran aspal beton tersebut. Campuran aspal yang digunakan terbagi atas 2 jenis yaitu tanpa polimer dan dengan polimer jenis *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) guna mendapatkan kekuatan campuran aspal yang lebih besar. Melalui penambahan polimer ini diharapkan mampu menjadi solusi perbaikan yang dapat dilakukan pada campuran aspal yang dipergunakan. Sehingga solusi ini akan bermanfaat untuk daerah-daerah yang berhubungan langsung dengan kawasan pantai, akibat genangan air rob.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh air laut pasang (air rob) terhadap karakteristik agregat, aspal, dan aspal polimer sebagai bahan dasar pembentuk campuran aspal yang digunakan.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman dalam air rob terhadap karakteristik campuran aspal.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan polimer terhadap karakteristik campuran aspal yang digunakan yang mengalami perendaman dalam air rob.

Universitas Indonesia

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan perancangan campuran aspal yang cocok untuk perkerasan jalan lentur yang mana jalan tersebut berhubungan langsung dengan daerah pantai (perairan) yang sering tergenang oleh banjir rob akibat naiknya muka air laut ke daratan, baik untuk pembuatan jalan baru maupun untuk perbaikan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini dibahas tentang perubahan kekuatan pada lapisan aspal yang telah terpengaruh oleh air rob. Sebagai bahan kajian dilakukan penelitian di Laboratorium Bahan dan Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Campuran aspal yang digunakan adalah *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) dengan agregat bergradasi menerus (rapat) serta diberikan penambahan polimer jenis *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) untuk beberapa jenis kadar.
2. Pengujian kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum yaitu dengan kadar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%.
3. Bahan pembentuk campuran aspal
 - Aspal : aspal keras dengan penetrasi 60/70 merk Pertamina
 - Agregat kasar : batu pecah (split) dengan MSA 20 mm
 - Agregat halus : abu batu
 - Polimer : *Styrene Butadiene Styrene* (SBS)
4. Jenis pengujian yang dilakukan
 - Pemeriksaan penetrasi aspal
 - Pemeriksaan titik lembek aspal
 - Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
 - Pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal

- Pemeriksaan kelarutan bitumen aspal
- Pemeriksaan daktilitas bahan-bahan bitumen
- Pemeriksaan berat jenis bitumen
- Berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- Berat jenis dan penyerapan agregat halus
- Analisa butiran
- Analisa campuran agregat (*Blending*)
- *Marshall Test*
- *Permeability Test*
- Uji ekstraksi

1.5 Batasan Penelitian

Batasan yang diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tidak meninjau sifat kimia penyusun aspal dan agregat.
- Tidak meninjau perubahan kimia yang terjadi pada aspal, agregat, maupun campuran aspal yang digunakan.
- Penelitian hanya dilakukan di laboratorium, tidak dilakukan penelitian di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam tulisan ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang penelitian terhadap kekuatan campuran aspal tipe *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) yang dipengaruhi oleh air laut pasang (air rob).

BAB 2 STUDI LITERATUR

Bagian ini berisi dasar teori mengenai campuran aspal tipe *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) dan bahan pembentuknya, serta gambaran umum mengenai pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan studi literatur dari Internet dan Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam meneliti campuran aspal tipe *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) yang dipengaruhi oleh air laut pasang (air rob).

BAB 4 DATA DAN ANALISA HASIL PENELITIAN

Bagian ini berisi data hasil penelitian, baik pengujian karakteristik benda uji sebelum maupun setelah perendaman dengan air rob. Juga berisi tentang analisa pengaruh air rob terhadap karakteristik campuran aspal dari berbagai variasi waktu perendaman dalam air rob dan penambahan polimer.

BAB 5 PENUTUP

Bagian ini berisikan kesimpulan yang bisa diambil dari data maupun analisa yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini. Selain itu juga diberikan saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian berikutnya yang berkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini menampilkan berbagai sumber yang dipergunakan dalam penelitian ini.

1.7 Laboratorium Uji

Seluruh pengujian yang ada dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, dan Laboratorium Afiliasi Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Indonesia, Depok.



BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Material Perkerasan Jalan

2.1.1 Aspal

Aspal (J. Francis Young, et al. 1998) merupakan bahan residu dari proses destilasi (penyulingan) minyak bumi dan dengan proses peniupan (*blowing*). Jenis aspal keras (AC) adalah jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, dan pada tekanan 1 atm dan suhu 25° akan berbentuk padat. Aspal yang dipergunakan untuk konstruksi perkerasan harus tidak mengandung air dan jika dipanaskan sampai 175° tidak berbusa. Secara garis besar komposisi kimia aspal adalah karbon (82 – 88%), hidrogen (8 – 11%), sulfur (0 – 16%), nitrogen (0 – 1%), dan oksigen (0 – 1,5%).

Komposisi aspal terdiri atas (*The Asphalt Institute*, 1985):

- a. *Asphaltenes*, merupakan kandungan utama dan mencapai jumlah 80%. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*.
- b. *Malthenes*, merupakan zat yang memberikan stabilitas kepada *asphaltenes* dengan cara mempengaruhi viskositas (kekentalan) dan kelelahan aspal, material ini larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri atas *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang paling mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *petrolones* atau *oils*, yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan resin. Material ini memberikan sifat daktilitas (pemuluran) pada aspal.

Sifat-sifat aspal yaitu:

a. Sifat fisik

Aspal merupakan material termoplastik, hal ini karena sifat aspal yang sangat dipengaruhi oleh temperatur lingkungannya. Pada suhu yang rendah molekul aspal tidak dapat berpindah-pindah, dalam hal ini aspal akan memiliki viskositas yang tinggi dan aspal berbentuk solid dan *brittle*. Akan tetapi ketika suhu lingkungan naik, beberapa molekul dapat berpindah bahkan ikatan antar molekulnya akan putus sehingga akan memiliki viskositas yang rendah dan pada temperatur tertentu aspal akan berubah menjadi cair.

b. Sifat kimia

Sifat kimia aspal dapat dilihat dari sifat-sifat bahan penyusun aspal itu sendiri, derajat saturasi aspal sangat berpengaruh terhadap kekakuan aspal jika ikatan hidrogen yang terjadi sedikit akan menyebabkan ikatan Van der Waal's yang terjadi sangat lemah sehingga derajat saturasi ini pengaruhnya akan sangat kecil terhadap kekakuan aspal.

Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akhirnya adhesinya terhadap partikel agregat akan menjadi berkurang. Perubahan ini dapat diatasi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang tepat dalam proses pencampuran.

Karakteristik aspal yaitu:

a. Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan aspal untuk berubah bentuk (bertambah panjangnya) saat ditarik sampai mengalami putus, pada temperatur dan kecepatan penarikan tertentu (25°C, 5 cm/menit). Daktilitas aspal dipengaruhi oleh beberapa sifat kimia seperti parafin. Aspal harus mempunyai nilai daktilitas yang tertinggi agar

dapat mengikuti perubahan suhu yang terjadi pada perkerasan yang disebabkan oleh suhu udara, frekuensi lalu lintas.

b. Penetrasi

Penetrasi merupakan indikator tingkat kekerasan aspal yang diukur sebagai jarak jatuh jarum standar penetrasi vertikal ke jarum sampel material di bawah kondisi pembebanan, waktu pembebanan dan temperatur yang diketahui. Secara prinsip tes penetrasi dan titik lembek digunakan untuk mendapatkan variasi tingkatan aspal semen yang dipakai untuk perkerasan. *Range* hasil uji penetrasi untuk penetrasi 60 adalah 6,0 – 7,9 mm sedangkan untuk penetrasi 80 adalah 8,0 – 9,9 mm.

c. Titik lembek

Titik lembek didefinisikan sebagai suhu pada saat aspal meleleh dengan kecepatan tertentu. Suhu ini dapat bervariasi antara 30°C sampai dengan 200°C. Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan. Untuk penetrasi 60 titik lembek berkisar antara 48°C dan 58°C sedangkan untuk penetrasi 80 adalah antara 46°C dan 54°C.

d. Titik nyala dan titik bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal, merupakan temperatur dimana tekanan uap yang cukup besar mengeluarkan uap hidrokarbon yang mudah terbakar dengan bantuan udara bila terjadi kontak dengan api. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Aspal mudah menyala terbakar dengan temperatur > 200°C. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

e. Kehilangan berat

Aspal yang dipanaskan sampai suhu 163°C akan mengalami kehilangan berat akibat terjadinya penguapan bahan-bahan yang

mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat yang besar akan mengakibatkan aspal akan cepat mengeras dan merapuh.

f. Penetrasi setelah kehilangan berat

Setelah terjadi pemanasan aspal akan mengalami kehilangan berat akibat adanya penguapan dan terjadi perubahan penetrasi. Secara umum apabila pada uji kehilangan berat diperoleh penetrasi dan daktilitas yang lebih besar maka perkerasan jalan yang menggunakan aspal tersebut akan bertahan lebih lama.

g. Kelarutan dalam CCl_4

Kelarutan bitumen dalam CCl_4 menunjukkan tingkat kemurnian bitumen. Uji kelarutan ini dipergunakan untuk mendapatkan kadar aspal yang berisi bahan-bahan mineral yang tidak terekstraksi atau tidak larut dan dibandingkan dengan aspal semen dari industri pengolahan minyak bumi sistem destilasi uap.

h. Berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara 1 gram material bitumen dengan 1 mL air suling pada temperatur sama (25°C). Berat jenis aspal lebih kecil dari $1\text{gr}/\text{cm}^3$ menunjukkan adanya *wax* atau *parafin crude* lebih banyak yang mengakibatkan kurangnya sifat kelekatan dan ketahanan terhadap daya apung akibat gaya air. Berat jenis aspal baik untuk penetrasi 60 maupun penetrasi 80 disyaratkan minimal harus mencapai $1\text{gr}/\text{cm}^3$.

i. Viskositas

Pemeriksaan viskositas pada aspal semen bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal, dilakukan pada temperatur 60°C dan 135°C dimana temperatur 60°C adalah temperatur maksimum perkerasan selama masa pelayanan sedangkan 135°C adalah temperatur dimana proses pencampuran/penyemprotan aspal umumnya dilakukan.

Berdasarkan penggunaannya, aspal dibagi dalam beberapa jenis, antara lain (*Asphalt Institute, SP-2,1996*):

1. Aspal keras (*Asphalt Cement/AC*)

Aspal keras (*Asphalt Cement/AC*) adalah jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat.

Tabel 2.1 Pemeriksaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya

PEMERIKSAAN	PENETRASI 60		PENETRASI 80		SATUAN
	MIN	MAX	MIN	MAX	
Penetrasi sebelum kehilangan berat	60	79	80	99	0,1 mm
Titik lembek	48	58	46	54	°C
Titik nyala & Titik bakar	232	-	232	-	°C
Kehilangan berat	-	0,4	-	0,4	% berat
Kelarutan dalam CCl ₄	99	-	99	-	% berat
Daktilitas	100	-	100	-	cm
Penetrasi setelah kehilangan berat	75	-	75	-	% semula
Berat jenis	1	-	1	-	gr/cm ³

Sumber : *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya SKBI - 2. 4. 26. 1987*

Untuk pemakaian aspal dalam konstruksi jalan raya, aspal keras harus memenuhi kriteria:

- a. Tingkat keawetan, yaitu waktu yang diperlukan aspal cair untuk menjadi keras, akibat dari menguapnya kandungan minyak hingga aspal menjadi getas dan rapuh.
- b. Kepadatan/kekentalan dan elastisitas.
- c. Ketahanan terhadap pengaruh temperatur.
- d. Ketahanan terhadap pelapukan akibat cuaca (udara dan air).
- e. Kemampuan aspal untuk dapat membalut setiap butir agregat campuran.

2. Aspal cair

Aspal cair adalah aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut (Krebs, RD, Walker, RD, 1971).

Terdapat beberapa persyaratan aspal cair, antara lain:

- Kadar parafin tidak lebih dari 2%.
- Tidak mengandung air dan jika dipakai tidak menunjukkan pemisahan dan penggumpalan.

3. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu jenis aspal yang terdiri dari aspal keras, air, dan bahan pengemulsi, dimana pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair.

Aspal emulsi dikelompokkan menjadi beberapa klasifikasi, yaitu:

- Emulsi *Cathionic*, terdiri dari aspal keras, air, dan larutan basa sehingga akan bermuatan positif (+).
- Emulsi *Anionic*, terdiri dari aspal keras, air, dan larutan asam sehingga akan bermuatan negatif (-).

2.1.2 Agregat

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Bagian terbesar dari campuran aspal adalah agregat, menempati kira-kira 75 – 80 % dari volume campuran dan atau 90 – 95% dari persentase berat campuran, sehingga pengaruhnya terhadap sifat serta kinerja (*performance*) dari campuran sangat besar. Agregat yang ideal untuk campuran berbitumen harus mempunyai ukuran partikel serta gradasi yang baik, kuat, teguh, serta mempunyai bentuk partikel yang bersudut. Selain itu, juga dibutuhkan porositas yang rendah, permukaan

yang bersih, tekstur permukaan yang kasar, dan sifat *hydropobic* (Totomihardjo, 1998).

Dalam hubungannya dengan sifat-sifat yang diperlukan sebagai bahan konstruksi jalan, maka agregat harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (*Asphalt Institute, SP-2,1996*):

a. Bentuk dan kekasaran permukaan

Sifat ini berhubungan erat dengan sifat gesekan dalam dari agregat, dengan adanya agregat saling mengunci (*interlocking*), serta gesekan permukaan dengan sebelah menyebelahnya maka agregat bersifat tahan terhadap gerakan akibat gaya luar.

b. Porositas agregat

Porositas adalah persentase pori yang ada dalam agregat tersebut. Semakin tinggi kadar pori agregat, akan semakin banyak aspal yang akan diserap ke dalam agregat sehingga memerlukan prosentase aspal yang lebih besar di dalam perencanaan campuran. Sebaliknya, porositas agregat juga diperlukan untuk mendapatkan adhesi yang cukup antara bahan pengikat dengan agregat.

c. Ketahanan agregat terhadap abrasi.

Agar agregat sebagai bahan perkerasan permukaan mampu memberikan tahanan gelincir yang cukup aman, maka agregat harus cukup keras untuk menahan efek abrasi dari lalu lintas dalam waktu yang lama.

d. Ketahanan agregat terhadap cuaca (pelapukan). Akibat pengaruh panas dan dinginnya cuaca, hujan panas dan lain-lain, agregat harus tahan terhadap proses pelapukan.

e. Kelekatan terhadap aspal. Ditinjau dari daya lekatnya terhadap aspal, agregat dapat dibagi 2 yaitu agregat yang tinggi daya lekatnya pada aspal, biasanya disebut *hydropobie* dan umumnya bersifat basa, dan agregat yang sulit dilekati aspal dan mudah terkelupas, biasa disebut *hydropolie* dan umumnya bersifat asam.

Berdasarkan karakter perubahan yang terjadi pada batuan, dapat dibedakan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Pelapukan

Pelapukan dapat dibedakan menjadi pelapukan fisik dan kimiawi. Pelapukan kimiawi yaitu pelapukan yang terjadi karena perubahan komposisi kimiawi. Pelapukan ini menyebabkan batuan mengalami perubahan komposisi kimia yang menjadi faktor utama penyebab pelapukan tipe ini adalah air. Sedangkan pelapukan fisik adalah pelapukan yang terjadi karena kerusakan fisik batuan seperti pecahnya batuan karena akar tumbuhan, atau pecahnya batuan karena perubahan temperatur; pelapukan ini menyebabkan batuan pecah menjadi fragmen-fragmen batuan yang lebih kecil.

2. Deformasi

Deformasi yaitu perubahan fisik batuan karena pengaruh tekanan. Akibat deformasi batuan dapat terlipat, terpatahkan dan atau mengalami kerusakan fisik seperti retak.

3. Perubahan jenis batuan

Perubahan ini menyebabkan suatu jenis batuan menjadi jenis batuan yang lain, seperti dari batuan beku menjadi batuan sedimen atau batuan, dari batuan sedimen menjadi batuan metamorf atau batuan beku, atau dari batuan metamorf menjadi batuan sedimen atau batuan beku.

Bina Marga (1987) mengeluarkan spesifikasi agregat seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Satuan	Persyaratan
Agregat Kasar				
1	Abrasi	PB-0206-76	%	≤ 40
2	Kelekatan terhadap aspal	PB-0205-76	%	≥ 95
3	Berat jenis curah	PB-0202-76	gr/cc	$\geq 2,5$
4	Absorpsi	PB-0202-76	%	≤ 3
5	Indeks kepipihan	BS-812	%	$\leq 2,5$
Agregat Halus				
1	Berat jenis curah	PB – 0202 - 76	gr/cc	$\geq 2,5$
2	Absorpsi	PB – 0202 – 76	%	≤ 3
3	<i>Sand equivalent</i>	PB – 0202 – 76	%	≥ 50
Bahan Pengisi				
1	Berat jenis	PB – 0202 – 76	gr/cc	$\geq 2,5$

Sumber : Bina Marga (1987)

2.1.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm (RSNI, 2002).

Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi sebagai berikut (**Tabel 2.3**):

1. Keausan pada 500 putaran maksimum 40%.
2. Kelekatan dengan aspal minimum 95%.
3. Jumlah berat butiran tertahan saringan no.4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) minimum 50% (untuk kerikil pecah).

Universitas Indonesia

4. Indeks kepipihan/kelonjongan butiran tertahan 9,5 mm atau 3/8” maksimum 25%.
5. Penyerapan air maksimum 3%.
6. Berat jenis curah (bulk) minimum 2,5.
7. Bagian lunak maksimum 5%.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel pipih dan lonjong (**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Catatan:

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

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

Sumber : Bina Marga (1987)

2.1.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 cm (RSNI, 2002). Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) (SNI 03-6819-2002). Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan lain yang mengganggu. Agregat halus harus memenuhi persyaratan (**Tabel 2.4**):

1. Nilai *Sand Equivalent* minimum 50.
2. Berat jenis curah (*bulk*) minimum 2,5.

Universitas Indonesia

3. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%.
4. Pemeriksaan *Atterberg Limit* harus menunjukkan bahan adalah non plastis.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 45%
Material lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	SNI 03-4142-1996	Maks. 8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

Sumber : *Bina Marga (1987)*

2.1.2.3 *Filler*

Filler merupakan material pengisi yang terdiri dari abu batu, abu batu kapur, semen (*Portland Cement*) atau bahan non plastis lainnya. *Filler* atau bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah, harus memenuhi gradasi sebagai berikut (**Tabel 2.5**):

Tabel 2.5 Persyaratan Gradasi Untuk *Filler*

Ukuran Saringan	Persen Lolos (%)
No. 30	100
No. 50	95 – 100
No. 100	90 – 100
No. 200	65 – 100

Sumber : *Pedoman Pratikum Bahan Perkerasan Jalan
Laboratorium Bahan Departemen Teknik Sipil FTUI*

2.2 Air Laut Pasang (Air Rob)

Dalam banyak hal lingkungan lautan berbeda dari lingkungan perairan darat. Perbedaan prinsip terletak pada susunan kimia dari airnya. Kadar garam di permukaan laut berbeda-beda dan terdapat variasi kadar garam pada kedalaman laut yang berlainan. Air laut mengandung 3,5% garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Keberadaan garam-garaman ini mempengaruhi sifat fisis air laut (seperti: densitas, kompresibilitas, titik beku, dan temperatur). Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut

Universitas Indonesia

(Prager, Ellen J, and Sylvia A. 2000) adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida.

Dalam kegiatan transportasi darat terutama jalan, ternyata air laut memberikan dampak negatif akibat dari fenomena alam pasang surut yaitu sering terjadinya genangan akibat air rob (air laut pasang) di atas permukaan jalan. Perendaman tersebut menyebabkan terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan dan pada akhirnya mengurangi tingkat pelayanan dari jalan. Air rob diartikan sebagai naiknya air laut ke daratan akibat adanya pengaruh siklus pasang surut air laut dan/atau air balik dari saluran drainase akibat terhambat oleh air pasang. Bila air rob yang memiliki salinitas yang tinggi meresap ke lapisan perkerasan akan mengakibatkan perkerasan jalan dengan aspal beton akan lebih mudah cepat menjadi getas dan rusak. Dan dampaknya adalah terjadi kerusakan pada jalan yang tergenang oleh air rob tersebut. Jika ditinjau dari segi kandungan kimia airnya, air laut dan air rob memiliki perbedaan pada konsentrasi kandungan kimia.

2.3 Lapis Aspal Beton

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang terutama merupakan senyawa hidrokarbon kompleks yang mempunyai sifat-sifat (Bina Marga, 1987):

- a. Berwujud dari semi padat ke padat
- b. Wujud berubah-ubah sesuai dengan temperatur
- c. Kohesif dan anti air
- d. Berwarna hitam atau coklat
- e. Larut dalam karbon disulfida

Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran yaitu Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm; 25,4 mm; dan 37,5 mm. Lapis Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) adalah merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan Lapis Beton Aspal Lapis Pengikat (*AC-Binder Course*). Disamping sebagai pendukung lalu lintas, lapisan ini mempunyai fungsi utama sebagai pelindung konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin (Bina Marga, 1987).

Berdasarkan fungsinya aspal beton (*Asphalt Concrete/AC*) dapat dibedakan atas:

a) *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*

AC-WC merupakan lapis permukaan yang langsung berhubungan dengan beban kendaraan yang lewat di atasnya. Sehingga lapisan ini harus mampu mendukung dan menyebarkan beban yang diterima kelapisan dibawahnya. Selain itu lapisan ini harus kedap air agar dapat melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca. Lapis aus (*Wearing Course*), memiliki sifat sebagai berikut:

- Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, dan dapat diganti lagi dengan yang baru.
- Menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat (anti selip).
- Tebal minimum AC-WC adalah 4 cm.

b) *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*

Sifat-sifat *Asphalt Concrete – Binder Course* adalah sebagai berikut:

- Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkannya untuk mengurangi tegangan pada lapisan bawah lapisan jalan.
- Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata sehingga nyaman dilalui.
- Tebal minimumnya adalah 5 cm.

c) *Asphalt Concrete – Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah, yang berfungsi sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan, pemikul beban horizontal dan vertikal, dan lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah. Tebal minimumnya adalah 6 cm.

Perubahan aspal dapat terjadi jika dipanaskan atau dapat pula bila aspal tersebut umurnya terlalu lama, maka aspal cenderung makin keras dan rapuh serta kemampuan untuk melekat pada butir-butir agregat menjadi berkurang. Campuran pada dasarnya direncanakan untuk memberikan suatu perkerasan yang mampu menanggulangi efek-efek dari kerusakan lalu lintas secara cuaca (iklim), serta memberikan pelayanan (*riding quality*) yang baik. Persyaratan-persyaratan (karakteristik) yang utama harus dimiliki oleh campuran aspal beton adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas

Campuran aspal/perkerasan harus bertahan terhadap perubahan bentuk permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik pada keadaan pembebanan statis maupun dinamis, jadi perkerasan tidak boleh menjadi bergelombang, beralur (*rutting*) akibat adanya beban lalu lintas. Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kestabilan campuran aspal beton yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, di samping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

- Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
- Agregat dengan permukaan yang kasar.

- Agregat berbentuk kubus.
- Aspal dengan penetrasi rendah.
- Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat (Brown et al., 2001) dengan gradasi baik atau bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate/VMA*) yang kecil yang menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in mix/VIM*) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*.

2. Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Durabilitas merupakan parameter ketahanan campuran aspal untuk tidak hancur (berlepasan) akibat beban lalu lintas maupun cuaca. Campuran harus mampu bertahan terhadap perubahan-perubahan akibat dari:

- Pengerasan/pelapukan aspal akibat oksidasi maupun penguapan (*volatilization*), yang menyebabkan berkurangnya sifat adhesi dan kemuluran aspal. Hal tersebut dapat berakibat rusaknya aspal sehingga perkerasan menjadi berlepasan dan hancur.
- Pengaruh air yang dapat mengurangi adhesi aspal terhadap agregat (*stripping process*).

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas)

- VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

Syarat nilai durabilitas adalah nilai stabilitas rendaman harus lebih besar 75% dari nilai stabilitas normal (Bina Marga, 1983).

3. Fleksibilitas (kelenturan)

Campuran aspal/perkerasan harus mampu bertahan tanpa menjadi retak terhadap lendutan maupun lenturan yang disebabkan oleh:

- Lemahnya daya dukung lapis pondasi maupun tanah dasar (*subgrade*) sehingga menyebabkan lendutan yang besar.
- Lenturan yang berulang-ulang akibat beban lalu lintas.

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

4. *Skid resistance* (kekesatan)

Campuran aspal harus mampu memberikan permukaan perkerasan yang mempunyai tahanan gelincir yang baik (tidak licin), sehingga lalu lintas merasa aman. Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:

- Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding.
- Penggunaan agregat berbentuk kubus.
- Penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. *Fatigue resistance* (ketahanan kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*routing*) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

- VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

6. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Campuran aspal harus dapat digelar dan dipadatkan tanpa kesulitan yang berarti. *Workability* dipengaruhi oleh:

- Gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada gradasi bergradasi lain.
- Temperatur campuran yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit.

Sifat-sifat di atas merupakan persyaratan yang dituntut untuk mendapatkan campuran aspal yang didapat berfungsi sebagai perkerasan yang baik. Sifat-sifat tersebut dalam kenyataannya menuntut syarat-syarat yang ada saling mendukung, namun juga saling bertentangan. Stabilitas yang baik menuntut pemakaian aspal yang keras (penetrasi rendah) agar campuran mampu bertahan terhadap beban lalu lintas. Hal ini bertentangan dengan sifat-sifat fleksibilitas dan keawetan yang menuntut pemakaian aspal lunak dan aspal kadar tinggi, namun hal ini bertentangan dengan tuntutan tahanan gelincir, karena dengan kadar aspal yang tinggi akan menghasilkan perkerasan yang licin. Jadi, dalam merencanakan

komposisi campuran aspal, harus berdasarkan pada gabungan atas semua sifat-sifat di atas, dengan pengutamaan sifat-sifat tertentu yang disesuaikan posisi/fungsi dimana campuran aspal tersebut akan dipakai.

Kekuatan lapis beton aspal didapat dari gradasi agregatnya yang menerus (*continuous graded*). Gradasi agregat seperti ini akan menjadikan struktur agregat saling mengunci (*interlocking*), menghasilkan gesekan dan geseran internal antar agregat yang saling melekat yang dilapisi oleh aspal tipis sebagai perekat diantara butiran. Peran aspal dalam campuran hanya sebagai lapis perekat diantara butir agregat. Pada **Tabel 2.6** disajikan ketentuan dan sifat campuran serta persyaratannya dan pada **Tabel 2.7** disajikan persyaratan untuk gradasi agregat campuran aspal beton.

Tabel 2.6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal (%)	Maks.		1,2	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.		3,5	
	Maks.		5,5	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1500
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 ⁰ C	Min.		75	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.		2,5	

Sumber : Bina Marga (2006)

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Beton (AC)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1 ½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90 – 100
¾"	19	100	90 – 100	Maks. 90
½"	12,5	90 – 100	Maks. 90	-
3/8"	9,5	Maks. 90	-	-
No. 08	2,36	28 – 58	23 – 39	19 – 45
No. 16	1,18	-	-	-
No. 30	0,600	-	-	-
No. 200	0,075	4 – 10	4 – 8	3 – 7
Daerah Larangan				
No. 04	4,75	-	-	39,5
No. 08	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	0,6000	19,1 – 23,1	16,7 – 20,7	13,6 – 17,6
No. 50	0,3000	15,5	13,7	11,4

Sumber : Bina Marga (2006)

Menurut ketentuan Bina Marga (2006), Laston dibagi menjadi 11 tipe berdasarkan sebaran butirannya. Dalam penelitian ini digunakan Laston dengan tipe IV yang digunakan untuk lapisan permukaan. Adapun gradasi agregat untuk berbagai tipe Laston dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Gradasi Agregat Untuk Berbagai Tipe Laston

No. campuran	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Gradasi/Tekstur	Kasar	Kasar	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat
Tebal padat (mm)	20-40	25-50	20-40	25-50	40-65	50-75	40-50	20-40	40-65	40-65	40-50
Ukuran Saringan	% BERAT YANG LOLOS SARINGAN										
1 1/2" (38,1 mm)	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
1" (25,4 mm)	-	-	-	-	100	90-100	-	-	100	100	-
1/2" (12,7 mm)	-	100	-	100	80-100	82-100	100	-	85-100	85-100	100
1 1/2" (3,81 mm)	100	75-100	100	80-100	-	72-90	80-100	100	-	-	-
3/8" (9,52 mm)	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	-	-	-	65-85	65-78	74-92
No. 04 (4,76 mm)	35-55	35-55	55-75	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	38-60	48-70
No. 08 (4,76 mm)	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-54	27-47	33-53
No. 30 (0,59 mm)	10-22	10-22	18-29	18-29	19-30	24-36	26-38	28-40	20-35	13-28	15-30
No. 50 (0,279 mm)	6-16	6-16	13-23	13-23	13-23	16-26	18-28	20-30	16-26	9-20	10-20
No. 100 (0,149 mm)	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10-18	12-20	12-20	10-18	-	-
No. 200 (0,074mm)	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8	4-9

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya-Departemen Pekerjaan Umum

2.4 Aspal Polimer

Salah satu alternatif untuk mencegah oksidasi pada campuran aspal (penuaan aspal) adalah memakai konsep peremajaan dan pemulihan aspal yang membangkitkan (*revives*) perkerasan yang mati dan memberikan metode untuk memperpanjang usia perkerasan jalan aspal, sehingga kebutuhan untuk pekerjaan konstruksi utama dapat ditunda beberapa tahun. Pemakaian zat peremaja tersebut lebih praktis dan ekonomis untuk pemeliharaan permukaan jalan aspal. Dengan menggunakan zat peremaja ini maka dapat memulihkan perkerasan jalan aspal yang telah teroksidasi. Hal ini dapat dicapai dengan memulihkan keseimbangan kedua materi pokok dalam aspal, yaitu *asphaltenes* dan *maltenes*, *asphaltenes* berfungsi sebagai *bodying agent* dan *malthenes* merupakan nama gabungan unsur-unsur yang terdiri dari *Nitrogen Bases*, *First Acidaffins*, *Second Acidaffins*, dan *Paraffins*. Penggunaan zat peremaja yang tepat pada waktunya akan mengaktifkan kembali aspal yang sudah tua dan memperpanjang usia perkerasan jalan aspal selama beberapa tahun dengan biaya yang ekonomis.

Dengan melakukan aspal modifikasi diharapkan mampu memperbaiki kelemahan dan kekurangan aspal normal, menambah kemampuan aspal terhadap pengaruh temperatur dengan meningkatkan titik lembek atau mendorong Indeks Penetrasi (IP) ke arah positif atau menambah kelengketan. Beberapa penelitian telah dilakukan menyatakan manfaat polimer (Lewandowski, LH, 1994; Wardlaw K.R. 1992; Martina, Agah 2007) antara lain meningkatkan titik lembek, menurunkan penetrasi, dan meningkatkan viskositas. Dengan kemampuan tersebut peningkatan kualitas aspal dimodifikasi dengan bahan polimer akan meningkatkan kinerjanya.

Menurut Dinas Pekerjaan Umum, aspal polimer adalah aspal yang ditingkatkan mutunya (dimodifikasi) dengan cara menambahkan polimer ke dalam aspal keras. Polimer yang sering digunakan sebagai bahan tambahan (*admixture*) campuran aspal adalah plastomer dan elastomer. Spesifikasi untuk aspal polimer menggunakan plastomer maupun elastomer terinci pada **Tabel 2.9**. Menurut Charles A. Harper dalam bukunya *Handbook of Plastic, Elastomer, and Composites*, elastomer plastik mempunyai struktur dan komposisi kimia lebih baik

bila dicampur dengan aspal. Sifatnya dipengaruhi oleh kadar *Styrene* yang mempengaruhi proses dispersi dalam aspal, struktur spasialnya berbentuk bintang berpengaruh terhadap karakteristik mekaniknya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dari proses dispersi aspal polimer adalah sebagai berikut (Silverman Machines Ltd, 2000):

1. Ukuran partikel polimer. Ukuran partikel yang sangat kecil memberikan area permukaan yang besar pada bitumen memungkinkan terjadinya pencampuran yang cepat.
2. Temperatur saat proses pencampuran. Bitumen akan menembus/bercampur dengan polimer lebih cepat pada temperatur tinggi.
3. Tipe dan pembuatan polimer.
4. Kadar aspal dan kandungan minyaknya.
5. Sistem penggumpalan polimer.
6. Sistem dispersi (penyebaran) polimer. Diperlukan alat pengaduk (*mixer*) dengan kemampuan putar tinggi untuk mencampurkan dan melarutkan polimer pada aspal.

Tabel 2.9 Persyaratan Aspal Plastomer dan Elastomer

No	Jenis Pengujian	Metode Uji	Persyaratan			
			Plastomer		Elastomer	
			Min.	Maks.	Min.	Maks.
1	Penetrasi ; 25°C, 100 gram ; 5 detik ; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	50	70	50	75
2	Titik lembek, °C	SNI 06-2434-1991	56	-	54	-
3	Titik nyala, °C	SNI 06-2433-1991	232	-	232	-
4	Berat jenis	SNI 06-2442-1991	1,0	-	-	-
5	Kekentalan pada 135°C, cSt	SNI 06-6721-2002	150	1500	-	2000
6	Stabilitas penyimpanan ; 163°C ; 48 jam ; perbedaan titik lembek ; °C	SNI 06-2434-1991	Homogen ¹⁾		-	2
7	Kelarutan dalam 1, 1,1 1- <i>Tricloroethane</i> , % berat ²⁾	ASTM D 5546-94a	99	-	99	-
8	Penurunan berat (RTFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	-	1,0	-	1,0
9	Perbedaan penetrasi setelah RTFOT, % berat					
	- Kenaikan penetrasi	SNI 06-2456-1991	-	10	-	10
	- Penurunan penetrasi		-	40	-	40
10	Perbedaan titik lembek setelah RTFOT, % berat					
	- Kenaikan titik lembek	SNI 06-2434-1991	-	6,5	-	6,5
	- Penurunan titik lembek		-	2	-	2
11	<i>Elastic recovery</i> residu RTFOT, %	ASTM D 5892 Part 6.2	-	-	45	-

¹⁾ Pada permukaan tidak terjadi lapisan (kulit), kerut, dan tidak terjadi endapan
²⁾ Metode uji kelarutan berbeda dengan untuk aspal keras non-polimer

Sumber : Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, Departemen Pekerjaan Umum

Pada penelitian ini, polimer yang digunakan sebagai tambahan campuran aspal adalah dari jenis elastomer yaitu *Styrene Butadiene Styrene (SBS)*. SBS merupakan polimer yang lebih sulit untuk larut dibandingkan dengan polimer lainnya yang digunakan untuk modifikasi bitumen seperti PVC (*polyvinyl chlorida*) dan APP (*atactic polypropylene*) dan juga mempunyai kekerasan struktur molekul elastik yang memerlukan penggunaan *mixer* dengan kemampuan berputar yang tinggi untuk menghancurkan dan melarutkannya.

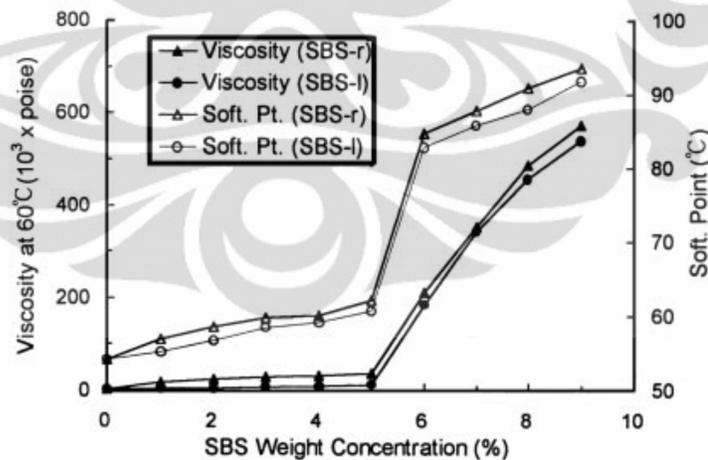
Ketika SBS dicampur dengan aspal, fase elastomer dari SBS menyerap *malthenes* (fraksi minyak) dari aspal dan mengembang sampai dengan 9 kali dari volume awalnya (J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai, 2002). Pada konsentrasi SBS yang sesuai, jaringan polimer yang kontinu akan terbentuk diseluruh PMB yang secara signifikan akan memodifikasi sifat aspal. Namun, jika konsentrasi ini tidak sesuai maka yang akan terjadi adalah pemisahan fase, yaitu indikasi ketidakcocokan sifat dasar aspal dengan polimer yang diberikan. Ketidaksamaan unsur kimia dari kedua komponen (aspal dan polimer) pada umumnya akan memberikan 2 fase yang berbeda dalam mekanisme pencampurannya, yaitu fase polimer dan fase aspal. Fase polimer terbentuk dari pengembangan oleh cahaya dan kekompatibelan aspal, sedangkan fase aspal terbentuk dari fraksi berat (terutama kandungan *asphaltene*) terkonsentrasi. Sifat dari jaringan dan pengaruhnya terhadap modifikasi polimer adalah fungsi dari sifat dasar aspal, sifat dan isi dari polimer dan kompatibilitas aspal polimer. Tingkat modifikasi polimer juga berbeda bergantung pada sifat dari aspal dasar dan kompatibilitas aspal polimer. Penambahan polimer pada aspal akan menyebabkan terjadinya penurunan penetrasi yang cenderung berhubungan dengan meningkatnya kandungan polimer, peningkatan pada titik lembek (kekakuan aspal polimer), dan peningkatan indeks penetrasi (PI).

Proses pencampuran aspal dan polimer sangat bergantung pada temperatur selama proses pencampuran dan kemampuan alat pengaduk (*mixer*) yang digunakan, serta waktu pengadukan. Menurut J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai dalam penelitiannya yang berjudul *Evaluation and Optimization of the Engineering Properties of Polymer-Modified Asphalt* menyatakan bahwa proses pencampuran aspal polimer dilakukan selama 2,5 – 3 jam dengan kemampuan

mixer sebesar 1500 rpm. Berdasarkan *Texas Department of Transportation Designation Tex 533-C*, prosedur pencampuran aspal dan polimer dilakukan selama 20 menit dengan kemampuan *mixer* sebesar 3000 rpm. Berikut merupakan standar pencampuran aspal dan polimer SBS berdasarkan *Texas Department of Transportation Designation Tex 533-C* yaitu:

1. Menimbang sebanyak ± 400 gram aspal ke dalam 1 Liter wadah.
2. Memanaskan aspal hingga 160°C (320°F) di atas kompor pemanas. Sampai dengan berbentuk cair, kemudian mulai melakukan pengadukan dengan menggunakan *rotary mixer*.
3. Temperatur pemanasan saat dilakukan pencampuran diatur antara $149\text{-}177^{\circ}\text{C}$ ($300\text{-}350^{\circ}\text{F}$).
4. Penambahan polimer ke dalam cairan aspal.
5. Melakukan pencampuran bahan (aspal dan polimer) selama 20 menit setelah penambahan polimer selesai dilakukan.

Gambar 2.1 merupakan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai untuk menguji titik lembek aspal polimer dengan konsentrasi polimer 1 – 7% dari berat aspal yang digunakan.

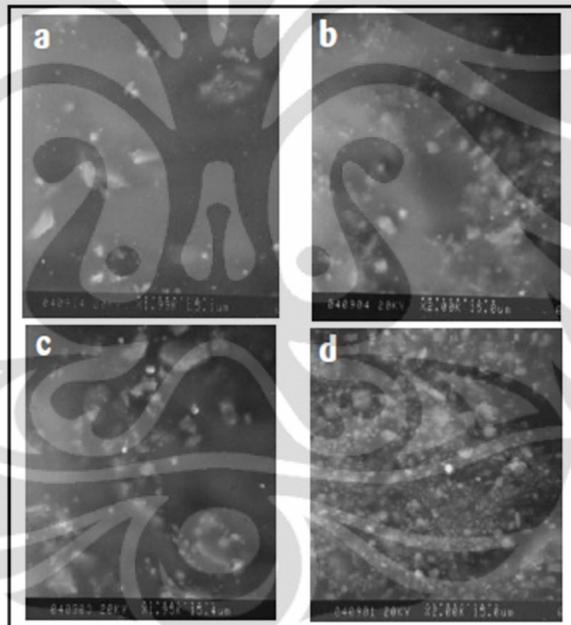


Gambar 2.1 Hasil Pengujian Titik Lembek SBS PMB

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa peningkatan titik lembek dan viskositas aspal terjadi sangat signifikan pada konsentrasi polimer 6% dari berat aspal yang digunakan. Sifat dasar aspal juga mempengaruhi kekakuan dan keuletan, menunjukkan bahwa pencampuran aspal berbeda dengan SBS bisa

Universitas Indonesia

mengakibatkan perbedaan sifat rekayasa, baik kekakuan dan keuletan mencapai nilai maksimum pada konsentrasi SBS 6%. Penurunan bertahap dalam kekakuan dan keuletan setelah titik puncak menunjukkan bahwa menambahkan lebih dari 6% SBS dapat menyebabkan diskontinuitas morfologi antara SBS dan aspal. Pada kandungan polimer 3%, butiran polimer terlihat kecil dan tertutupi oleh fraksi aspal yang kompatibel yang tersebar homogen dalam fase aspal. Semakin banyak menambahkan polimer (konsentrasi aspal) maka persebaran butiran polimer akan semakin banyak dan menutupi fraksi aspal lebih besar yang menyebabkan terjadinya ketidakhomogenan pencampuran aspal dan polimer. Ketidakesesuaian konsentrasi polimer dalam aspal modifikasi bisa menyebabkan terjadinya penurunan sifat teknis aspal itu sendiri.



Gambar 2.2 Mikrostruktur SBS-Aspal Modifikasi Melalui SEM (a) 3% SBS, (b) 5% SBS, (c) 6% SBS, (d) 9% SBS

Sumber : J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai (2002)

Pada **Tabel 2.10** disajikan persyaratan yang dipergunakan untuk aspal polimer:

Tabel 2.10 Persyaratan Aspal Polimer

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gram, 5 detik ; 0,1 mm	SNI-06-2456-1991	50 – 80
2	Titik lembek ; °C	SNI-06-2434-1991	Min. 54
3	Titik nyala ; °C	SNI-06-2433-1991	Min. 225
4	Daktalitas, 25°C; cm	SNI-06-2432-1991	Min. 50
5	Berat jenis	SNI-06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kekentalan pada 135 ; cSt	SNI-06-6721-2002	300 – 2000
7	Stabilitas penyimpanan pada 163°C selama 48 jam - Perbedaan titik lembek; °C	SNI-06-2434-1991	Maks. 2
8	Kelarutan dalam <i>Trichlor Ethylen</i> ; % berat	SNI-06-2438-1991	Min. 99
9	Penurunan berat (dengan TFOT); berat	SNI-06-2440-1991	Maks. 40
10	Perbedaan penetrasi setelah TFOT ; % asli	SNI-06-2456-1991	Max. 1,0
11	Perbedaan titik lembek setelah TFOT ; % asli	SNI-06-2434-1991	Maks. 6,5
12	<i>Elastic recovery</i> pada 25°C; %		Min. 30

Sumber : Bina Marga (2006)

Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau aspal dimodifikasi dengan aspal alam atau *asphalt multigrade* disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified*. Untuk penelitian ini, digunakan lapisan aspal beton lapis aus (*Asphalt Concrete Wearing Course*) dengan tambahan polimer sehingga laston yang digunakan harus memenuhi ketentuan *AC-WC Modified*.

Universitas Indonesia

Tabel 2.11 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Dimodifikasi (*AC-Modified*)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal (%)	Maks.		1,7	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.		3,5	
	Maks.		5,5	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	1000		1800
	Maks.	-		-
Kelelehan (mm)	Min.	3		5
	Maks	-		-
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	300		350
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 ^o C	Min.		75	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.		2,5	

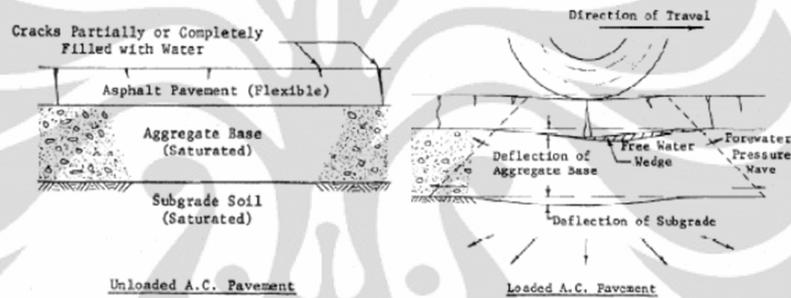
Sumber : Bina Marga (2006)

2.5 Pengaruh Air Terhadap Perkerasan Jalan

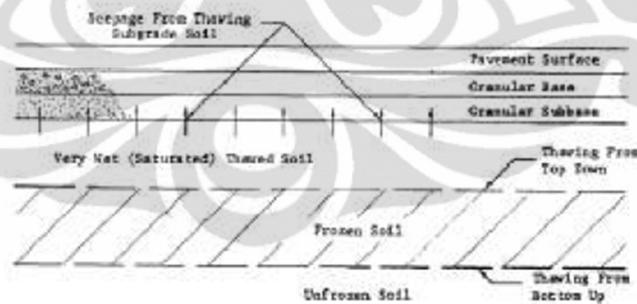
Kerusakan perkerasan jalan akibat genangan air sangat beragam, mulai dari lubang kecil dan pengelupasan aspal sampai lubang-lubang yang cukup dalam. Genangan air ini akan merusak lapisan jalan raya yang terbuat dari aspal karena adanya sifat dari aspal yang akan rusak jika terkena air. Air yang berada di badan atau struktur jalan raya dapat berasal dari beberapa sumber. Sumber tersebut antara lain adalah air hujan yang jatuh langsung ke daerah badan jalan, *seepage* dari tempat yang lebih tinggi di sekitar perkerasan (terutama pada badan jalan tanah galian), fluktuasi ketinggian muka air tanah, infiltrasi air melalui

permukaan perkerasan atau bahu jalan, kapilaritas, dan rembesan air dari tempat yang lebih basah ke tempat yang lebih kering.

Terdapat sejumlah dampak merugikan akibat keberadaan air pada badan jalan raya. Dampak tersebut salah satunya adalah erosi permukaan jalan akibat terjadinya ikatan antara air dengan butir-butir agregat dan material permukaan jalan. Di samping itu, terdapat pula sejumlah peristiwa yang dapat mengganggu daya dukung struktur jalan raya. Peristiwa tersebut, antara lain adalah peristiwa menelusnya air hingga ke lapisan tanah dasar. Terjadinya peristiwa ini akan meningkatkan tekanan pada permukaan jalan. (**Gambar 2.3 dan Gambar 2.4**)



Gambar 2.3 Peristiwa Menelusnya Air Dari Tanah Tersaturasi Pada Perkerasan Jalan yang Retak



Gambar 2.4 Peristiwa *Seepage*

Dari penjelasan diatas dimana aspal dapat tergerus oleh genangan air karena adanya sifat aspal yang termoplastik dimana pada suhu rendah aspal akan menjadi lebih kaku sehingga jika dilewati oleh beban kendaraan akan mempercepat kerusakan yang terjadi pada lapisan perkerasan aspal. Disamping itu, aspal merupakan turunan dari minyak bumi yang memiliki sifat yang sangat

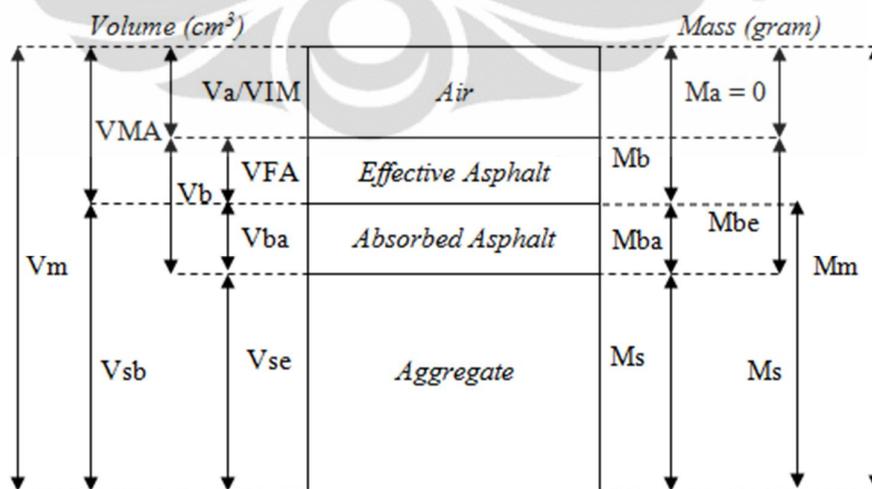
berbeda dengan air sehingga jika ada air yang menggenangi perkerasan aspal maka ikatan *hidrokarbon* aspal akan lepas sehingga perkerasan aspal akan rusak.

2.6 Marshall Test

Pengujian *Marshall* adalah suatu metode pengujian untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis campuran beraspal dengan menggunakan alat *Marshall*. Konsep metode *Marshall* untuk campuran laston dirumuskan oleh *Bruce Marshall* dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Pertama kali pengujian harus dilakukan untuk meyakinkan bahwa:

- Kualitas bahan yang digunakan memenuhi syarat spesifikasi bahan.
- Kombinasi campuran agregat memenuhi persyaratan spesifikasi gradasi.

Pada dasarnya, untuk mengetahui kinerja dari campuran aspal yang digunakan pada struktur perkerasan jalan, faktor-faktor yang harus diperhatikan sangat banyak. Akan sangat sulit mencari metode pengujian yang dapat meneliti semua faktor tersebut hanya dalam satu cara. Tetapi sebagian besar dari faktor-faktor tersebut dapat diuji dengan menggunakan alat *Marshall*, yang terdiri dari *Volumetric Characteristic* dan *Marshall Properties*. **Gambar 2.5** menunjukkan skema kondisi campuran aspal setelah mengalami pemadatan.



Gambar 2.5 Skematik Campuran Aspal Setelah Pemadatan

Volumetric characteristic akan menghasilkan parameter-parameter berikut:

- *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

VMA merupakan persen rongga udara yang ada di antara partikel-partikel agregat di dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan, termasuk didalamnya ruang yang terisi oleh aspal (VFMA). VMA dinyatakan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung aspal dan rongga yang diperlukan dalam campuran agregat aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VMA antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar), energi pemadatan, kadar aspal, tekstur agregat, bentuk butiran dan serapan air oleh agregat.

- *Void in The Mix (VITM)*

VITM merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal. Karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis erat hubungannya dengan VITM (presentase rongga dalam campuran). Bila nilai VITM memenuhi syarat maka campuran aspal akan memiliki kemampuan dalam menghambat efek deformasi plastis, bila nilainya terlalu tinggi akan menyebabkan campuran menjadi bersifat *porous*, dimana air dan udara akan mudah masuk sehingga mengakibatkan campuran aspal mudah teroksidasi dan terdeformasi plastis. Sebaliknya bila nilainya terlalu rendah akan menimbulkan ketidakstabilan dan akan terjadi *flow plastis*.

- *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFMA merupakan persen rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain jumlah dan temperatur pemadatan, distribusi target gradasi agregat dan kasar aspal serta absorpsi agregat. Nilai VFWA ini berpengaruh terhadap sifat kedap air campuran terhadap air dan udara serta sifat elastik campuran, sehingga akan menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas.

Nilai VFWA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding* dan bila terlalu rendah akan menimbulkan campuran menjadi *porous* (tidak kedap

Universitas Indonesia

air dan udara) karena lapisan *film* aspal tipis sehingga mudah retak jika ada pembebanan berat.

- *Density* (kerapatan)

Nilai *density* adalah merupakan nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan campuran agregat aspal. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih baik, hal ini disebabkan rongga di dalam campuran semakin mengecil dan butiran agregat akan memiliki bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran semakin besar dan juga menimbulkan kedekatan campuran terhadap udara dan air, sehingga akan sulit teroksidasi.

Sedangkan *Marshall Properties* menghasilkan parameter-parameter berikut:

- Stabilitas

The Asphalt Institute, MS-2 (1993), menyatakan bahwa stabilitas secara teknis menunjukkan kemampuan lapis keras dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi permanen. Nilai stabilitas sangat bergantung dari kemampuan campuran dalam mengadakan kunci (*interlocking*) dan gaya gesek (*friction*). Faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas adalah tekstur, bentuk dan gradasi agregat serta kepadatan campuran dan kadar aspal. Nilai yang diperoleh ini akan menunjukkan kekuatan struktural suatu campuran aspal yang dipengaruhi oleh kandungan aspal, susunan gradasi, dan kualitas agregat dalam campuran.

- *Marshall Quotient* (MQ)

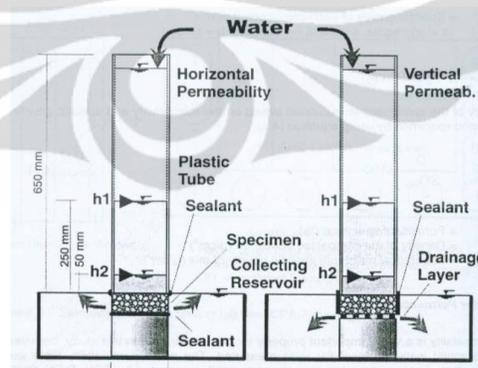
Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas (kelenturan) dari campuran agregat aspal, semakin besar nilai MQ maka campuran tersebut akan semakin kaku, dan sebaliknya bila nilai MQ kecil maka campuran tersebut akan semakin lentur. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan *flow* seperti bentuk, kualitas, tekstur permukaan, kohesi dan viskositas aspal (Mulyono, 1998).

- Kelelahan (*flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi vertikal yang terjadi pada keadaan stabilitas maksimum akibat pembebanan. Nilai *flow* yang besar menimbulkan campuran akan cenderung mudah berdeformasi, sebaliknya bila nilainya rendah akan mudah rusak.

2.7 Tes Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan media yang porous untuk mengalirkan fluida. Setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut poros, dan apabila ruang kosong itu saling berhubungan maka ia akan memiliki sifat permeabilitas. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula (Bowles, JE 1986). Metode untuk mengukur besarnya permeabilitas yaitu *falling head permeability (FHP)* dimana air di dalam tabung (*stand pipe*) jatuh bebas dengan ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran aspal. Metode lain untuk mengukur permeabilitas yaitu *constant head permeability (CHP)*, (Takahashi & Part, 1999).



Gambar 2.6 Water Permeability Test

Permeabilitas vertikal dan permeabilitas horisontal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$k = 2,3 \frac{aL}{At} \times \left[\log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad \dots (2.1)$$

- dimana :
- k = Koefisien permeabilitas air (cm/s)
 - a = Luas potongan melintang tabung (cm²)
 - L = Tebal spesimen (cm)
 - A = Luas potongan spesimen (cm²)
 - t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h₁ ke h₂ (s)
 - h₁ = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)
 - h₂ = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

Pengujian permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan aspal dalam mengalirkan air yang menunjukkan persen rongga udara yang terjadi atau untuk mengetahui pengaruh suatu bahan pengisi terhadap kekedapan air di dalam suatu campuran lapis permukaan. Pengujian permeabilitas dilakukan pada perbandingan antara bahan pengisi, agregat dan kadar aspal terbaik yang didapat dari hasil pengujian *Marshall* dan pada keadaan kadar aspal optimum. Benda uji yang telah dipersiapkan dan dipadatkan sesuai dengan persiapan benda uji untuk percobaan uji *Marshall*. Tekanan normal yang diberikan berkisar antara 3 – 10 kg/cm² dengan katup pengatur tekanan dan untuk ukuran tekanan yang disyaratkan adalah 35 kg/cm² (tekanan tinggi) dan 10 kg/cm².

Diana (1995) mengutip dari *Fukuda Road Construction* bahwa nilai permeabilitas ini sekitar 0,0575 cm/detik sampai dengan 0,2493 cm/detik terjadi pada rongga 15% - 25%. Koefisien permeabilitas yang diikuti dari *an International Perspective* dapat dihitung dengan persamaan:

$$k = 2,3 \frac{d}{t} \log \left[\frac{(5+d)}{d} \right] \quad \dots (2.2)$$

- dimana :
- k = koefisien permeabilitas (cm/detik)
 - d = tebal benda uji (cm)
 - t = waktu pengaliran air (detik)

Pemodelan lain yang bisa dipergunakan untuk menghitung besarnya koefisien permeabilitas adalah dengan menggunakan model Westerman (1998) yang dipandang lebih relevan dalam menentukan kegagalan perkerasan akibat

pengaruh dari tebal perkerasan lapisan aspal. Westerman membuat pemodelan melalui hubungan empiris antara ketebalan perkerasan dengan kandungan udara yang terdapat dalam campuran aspal tersebut.

$$k = (1,38 \times 10^{-7})(3,92^{AV})(0,61^T) \quad \dots (2.3)$$

dimana : k = koefisien permeabilitas (cm/detik)

AV = *air void* (% kandungan udara)

T = tebal sampel (cm)

Persen kandungan udara campuran diperoleh melalui perhitungan berat sampel saat kondisi kering, kering permukaan, dan berat dalam air. Kekurangan dari model Westerman tersebut adalah tidak diketahuinya kecepatan campuran aspal (sampel) dalam mengalirkan fluida/air yang diperoleh dari lamanya waktu air/fluida mengalir dalam sampel/campuran aspal karena hanya menghitung dari total kandungan rongga udara dalam campuran dan tebal/tinggi benda uji.

2.8 Uji Ekstraksi

Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, *short-term aging*), dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, *long-term aging*). Penuaan aspal merupakan perubahan tingkat kekerasan (*hardening*) dan kerapuhan aspal (*brittleness*) akibat penanganan, proses produksi campuran beraspal dan masa pelayanan campuran beraspal tersebut di lapangan. Penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal dan akhirnya akan mempengaruhi kinerja campuran aspal tersebut. Kesemuanya ini berkaitan erat dengan kecepatan terjadinya retak ataupun pelepasan butir pada perkerasan beraspal. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa penuaan aspal sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Oleh sebab itu, penuaan aspal merupakan suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal.

Banyak cara untuk mengetahui penuaan aspal, misalnya dengan simulasi penuaan di laboratorium baik dengan cara pengovenan ataupun dengan cara mengekspos langsung aspal tersebut terhadap lingkungan. Tingkat penuaan yang terjadi pada aspal dapat diketahui melalui pengamatan visual, tetapi informasi yang lebih akurat dan terukur akan didapatkan hanya melalui pengujian di laboratorium pada aspal yang dipulihkan (*recovery asphalt*) hasil ekstraksi dari campuran beraspal yang sudah mengalami penuaan (Millard, 1993).

Sebelum uji laboratorium dilakukan, semua benda uji baik jenis dikondisikan terhadap penuaan jangka pendek dan jangka panjang. Penuaan jangka pendek dilakukan menurut prosedur SHRP, yaitu dengan cara pengovenan pada temperatur 135°C selama 4 jam (Bell et al., 1995, Leahy et al., 1995). Sedangkan penuaan jangka panjang dilakukan dengan cara mengekspos langsung semua benda uji tersebut yang sudah mengalami penuaan jangka pendek terhadap lingkungan. Setelah pengkondisian tersebut, benda uji dimasukkan ke dalam ruang temperatur terkendali yang telah diset temperaturnya sesuai dengan temperatur pengujian yang diinginkan. Setelah temperatur benda uji mencapai temperatur keseimbangan (temperatur pada kulit sama dengan temperatur pada inti benda uji) baru dilakukan uji modulus resilien. Untuk mengetahui perubahan sifat aspal yang terkandung dalam campuran aspal yang telah mengalami penuaan, aspal tersebut dipisahkan kembali melalui proses ekstraksi. Ekstraksi bertujuan untuk memisahkan aspal dari material agregat pada perkerasan jalan lama. Proses ekstraksi dilakukan sesuai ketentuan dalam ASTM D 2172-79. Dalam proses ekstraksi hanya diperlukan untuk mengetahui kadar aspal perkerasan jalan lama, sehingga dapat menghitung seberapa banyak campuran baru. Untuk menjamin kemurnian aspal yang di dapat, proses ekstraksinya dilakukan secara bertahap. Pada tahap pertama, aspal yang terkandung dalam campuran beraspal yang sudah dihancurkan dipisahkan dari agregatnya dengan cara melarutkan aspal tersebut dengan menggunakan C_2HCl_3 . Dalam tahap kedua, mineral yang terkandung dalam campuran yang tidak tersaring pada tahap pertama dipisahkan dari larutan aspal- C_2HCl_3 . Pemisahan ini dilakukan dengan proses sentrifugal selama 40 menit dengan kecepatan putaran 2500 rpm. Pada tahap ketiga, aspal dipisahkan dari pelarut (*recovery*) melalui proses evaporasi dengan menggunakan

rotavopour, proses pemisahan ini dilakukan pada temperatur 150⁰ C selama 120 menit. Setelah melalui ketiga tahapan ini, barulah didapat aspal yang dipulihkan (*Recovery-Asphalt*, RA). Selanjutnya, RA yang didapat diperiksa sifat-sifat fisiknya.

2.9 Pengolahan Data Dengan Metode Analisis Faktor

Analisis faktor merupakan salah satu metode multivariat (*multivariate method*) yang digunakan untuk menganalisis variabel-variabel yang diduga memiliki keterkaitan satu sama lain sehingga keterkaitan tersebut dapat dijelaskan dan dipetakan atau dikelompokkan pada faktor yang tepat. Tujuan dari analisis faktor adalah untuk menggambarkan hubungan-hubungan kovarian antara beberapa variabel yang mendasari tetapi tidak teramati, kuantitas random yang disebut faktor, (Johnson & Wichern, 2002). Atau bertujuan untuk menemukan sejumlah faktor yang mendasari (*underlying*) sejumlah pengukuran besar dengan prinsip dasar menyederhanakan deskripsi tentang data dengan mengurangi jumlah variabel/dimensi.

Tujuan analisis faktor adalah menggunakan matriks korelasi hitungan untuk: (Subash Sharma, 1996)

1. Mengidentifikasi jumlah terkecil dari faktor umum (yaitu model faktor yang paling parsimoni) yang mempunyai penjelasan terbaik atau menghubungkan korelasi diantara variabel indikator.
2. Mengidentifikasi, melalui faktor rotasi, solusi faktor yang paling masuk akal.
3. Estimasi bentuk dan struktur loading, komunalitas dan varian unik dari indikator.
4. Interpretasi dari faktor umum.
5. Jika perlu, dilakukan estimasi faktor skor/nilai.

Konsep dasar yang digunakan dalam menggunakan analisis faktor yaitu:

1. Bukan mengkaitkan antara dependen variabel dengan independen variabel, tapi membuat reduksi/abstraksi/meringkas dari banyak variabel menjadi sedikit variabel.
2. Teknik yang digunakan adalah teknik interdependensi, yakni seluruh set hubungan yang interdependen diteliti. Prinsipnya menggunakan korelasi $R = 1$ dan $R = 0$. Dipergunakan dalam hal mengidentifikasi variabel yang berkorelasi dan yang tidak/kecil korelasinya.
3. Analisis faktor menekankan adanya *communality* yaitu jumlah varian yang disumbangkan oleh suatu variabel pada variabel lainnya.
4. Kovariansi antar-variabel yang diuraikan akan memunculkan *common factor* (jumlahnya sedikit) dan *unique factor* setiap variabel (faktor-faktor yang tidak secara jelas terlihat).
5. Adanya koefisien nilai faktor (*factor score coefficient*), sehingga faktor1 menyerap sebagian besar seluruh variabel, faktor 2 menyerap sebagian besar sisa varian setelah diambil untuk faktor 1, dimana faktor 2 dan faktor 1 tidak saling berkorelasi (dilakukan oleh komputer).

Teori dasar faktor analisis yaitu:

$$V_T = V_{CO} + V_{SP} + V_e$$

dimana : $V_{CO} =$ *common variance*, yaitu varians yang dimiliki oleh ≥ 2 variabel yang diestimasi dari *communality* :

$$h^2 = a_i^2 + b_i^2 + c_i^2$$

$V_{SP} =$ *specific variance*, yaitu varians dari 1 pengukuran saja (bersifat unik)

Terdapat 2 pendekatan yang digunakan dalam analisis faktor yaitu:

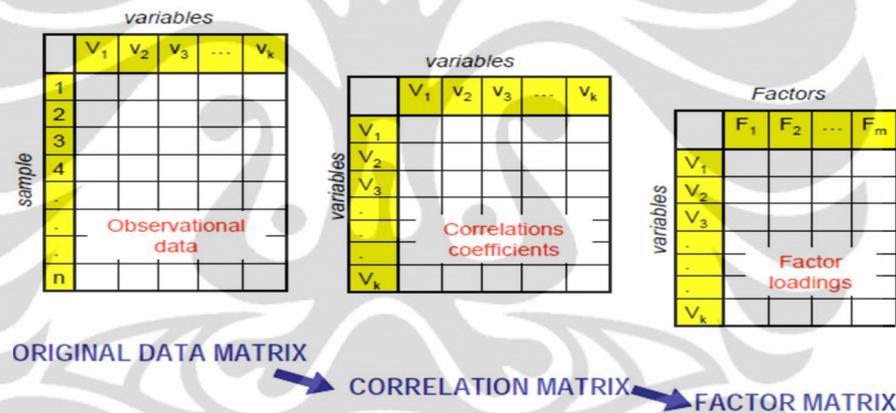
1. *Exploratory Factor Analysis* (pertanyaannya adalah berapa banyak faktor yang ada untuk menjelaskan hubungan-hubungan di antara 1 set indikator dengan estimasi muatan faktor?).

2. *Confirmatory Factor Analysis* (digunakan untuk mengestimasi parameter dan menguji hipotesis tentang sejumlah faktor yang mendasari hubungan di antara suatu set indikator).

Tahapan yang dilakukan dalam analisis faktor yaitu :

1. Menghitung korelasi di antara satu set pengujian dan membuat tabel interkorelasi.
2. Membuat matriks faktor – tabel bobot dari setiap faktor dalam setiap pengujian.

Pada **Gambar 2.7** disajikan skematik prosedur umum yang digunakan dalam analisis faktor yaitu:



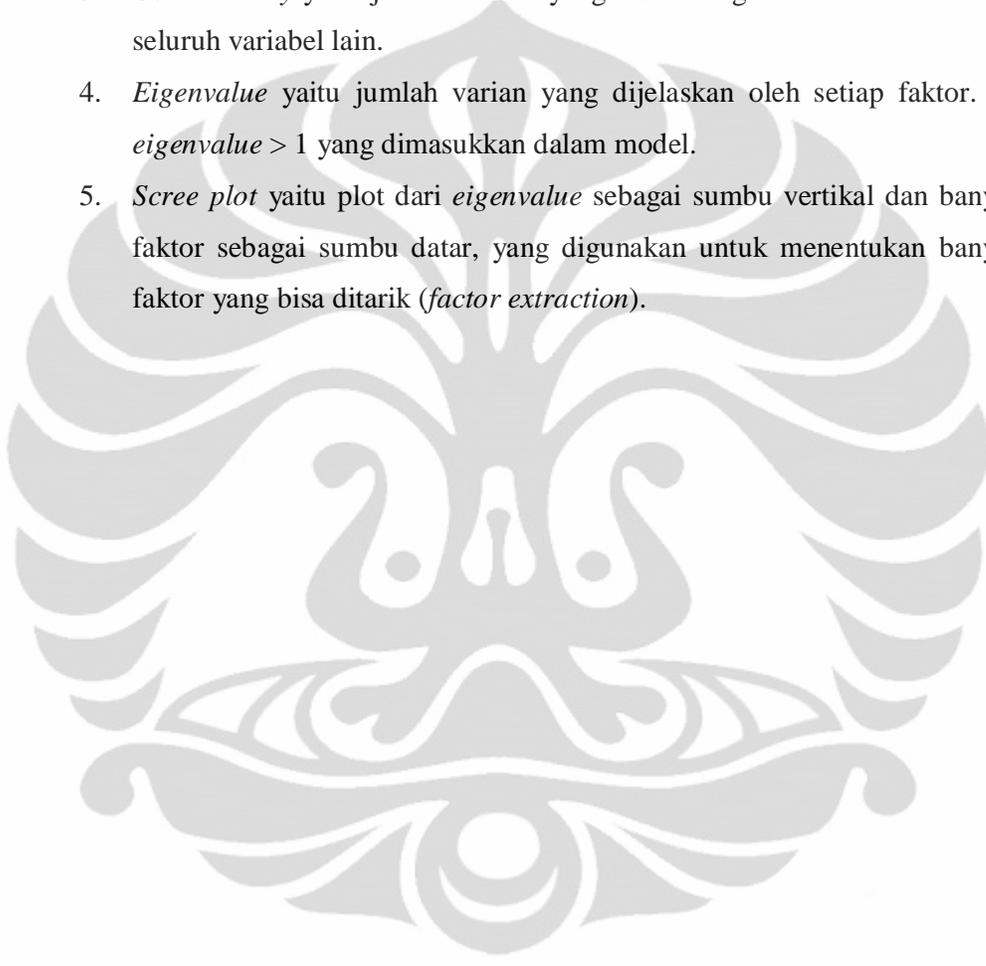
Gambar 2.7 Skema Prosedur Analisis Faktor

Ada 2 tahap perhitungan analisis faktor yaitu:

1. *Factor extraction* yaitu dengan menemukan faktor atau dimensi yang sedikit tetapi mengandung sebanyak mungkin variabel, terbagi atas 2 jenis yaitu *principal component* dan *maximum likelihood*.
2. *Factor rotation* yaitu teknik yang digunakan untuk memutar axis sehingga diperoleh faktor yang dapat diinterpretasi, terbagi atas 2 jenis yaitu *orthogonal rotation* (sudut antar axis 90° sehingga faktor yang diperoleh independen atau tidak saling berkorelasi) dan *oblique rotation* (sedut antar axis tidak 90° , bisa 30° atau 60° , sehingga lebih sulit diinterpretasi dan struktur faktor dari studi yang berbeda sulit untuk dibandingkan).

Teknik statistik yang digunakan untuk analisis faktor yaitu:

1. *Bartlett's test of sphericity*, yaitu uji statistik untuk menguji hipotesis bahwa variabel tidak saling berkorelasi dalam populasi.
2. *Matriks korelasi*
3. *Communality* yaitu jumlah varian yang disumbangkan oleh variabel terhadap seluruh variabel lain.
4. *Eigenvalue* yaitu jumlah varian yang dijelaskan oleh setiap faktor. Hanya *eigenvalue* > 1 yang dimasukkan dalam model.
5. *Scree plot* yaitu plot dari *eigenvalue* sebagai sumbu vertikal dan banyaknya faktor sebagai sumbu datar, yang digunakan untuk menentukan banyaknya faktor yang bisa ditarik (*factor extraction*).



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rencana Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 2 (dua) tempat, yaitu Laboratorium Struktur dan Material dan Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil FTUI, Depok, yang meliputi pengujian material (agregat dan aspal), pengujian *Marshall* dan pengujian permeabilitas, dan pengujian pelapukan campuran aspal dengan cara ekstraksi. Pengujian kandungan air rob dilakukan di Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil FTUI.

Tahap awal yang dilakukan adalah pemeriksaan kandungan air rob yang dipergunakan untuk penelitian. Sampel air rob tersebut berasal dari air laut di sekitar Teluk Jakarta yang mengalami pasang surut dan menyebabkan terjadinya luapan ke badan jalan. Pemeriksaan kandungan air rob yang dilakukan sesuai dengan standar dari Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil FTUI yang mengacu kepada *Standard Method* milik U.S. Kandungan air rob yang dianalisis pada penelitian ini adalah kandungan salinitas dan keasamannya, serta pH dari air rob.

Pemeriksaan material dilakukan untuk menguji kesesuaian material memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Seluruh pengujian pemeriksaan material sesuai dengan standar pengujian bahan modul praktikum perkerasan jalan Laboratorium Bahan Departemen Sipil FTUI yang mengacu kepada *American Society for Testing Material (ASTM)*. Pemeriksaan agregat, baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:

- Berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- Berat jenis dan penyerapan agregat halus
- Analisa butiran

Pemeriksaan material juga dilakukan pada agregat kasar yang sebelumnya telah direndam air laut. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui

seberapa besar pengaruh perendaman air rob terhadap bahan dasar (*raw material*) dari campuran aspal. Bentuk pengujiannya adalah dengan uji keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* untuk mendapatkan nilai ketahanan agregat berupa angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

Sedangkan untuk pengujian bahan bitumen (aspal), dilakukan pemeriksaan sebagai berikut:

- Pemeriksaan penetrasi aspal
- Pemeriksaan titik lembek
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
- Pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal
- Pemeriksaan kelarutan aspal dalam karbon tetraklorida (CCl_4)
- Pemeriksaan daktilitas
- Pemeriksaan berat jenis bitumen

Pencampuran aspal dilakukan berdasarkan variasi kadar aspal, kadar aspal yang digunakan sebagai sampel campuran aspal beton adalah 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7% juga dibuat sampel tanpa dan dengan penambahan polimer (1%, 2% dan 3%) masing-masing menggunakan 3 sampel. Untuk mendapatkan campuran aspal yang memiliki stabilitas yang tinggi dilakukan dengan uji *Marshall*. Setelah didapat campuran aspal ini (yang memiliki nilai stabilitas paling baik), dibuat sampel untuk 2 variasi waktu perendaman yaitu dengan metode *continouos immersion* dan *intermittent immersion* masing-masing sebanyak 3 sampel. Sampel campuran aspal juga dibuat untuk pengujian permeabilitas dan pengujian *Marshall* tanpa dilakukan perendaman dalam air rob, serta dilakukan juga pengujian ekstrasi masing-masing 3 sampel. Untuk mendapatkan perbandingan dengan campuran yang tidak menggunakan polimer, maka dibuat sampel dengan jumlah yang sama dan memiliki nilai stabilitas yang tertinggi untuk campuran aspal yang tidak diberikan penambahan polimer tersebut.

Rincian jumlah sampel yang dibutuhkan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menentukan campuran aspal optimum (**Tabel 3.1**)

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Untuk Menentukan Campuran Aspal Optimum

Kadar Aspal yang Digunakan (%)	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	3	3	3	3
5,5	3	3	3	3
6	3	3	3	3
6,5	3	3	3	3
7	3	3	3	3
Σ	60			

- b. Untuk pengujian *Marshall* dan pengujian permeabilitas (**Tabel 3.2**)

Tabel 3.2 Jumlah Sampel Untuk Pengujian *Marshall* dan Pengujian Permeabilitas

Lama Perendaman (Jam)	Uji <i>Marshall</i>			Uji Permeabilitas
	<i>Continuous Immersion</i>	<i>Intermittent Immersion</i>	Tanpa Perendaman	
6	3	-		
12	3	-		
24	3	3	3	3
48	3	3		
72	3	3		

Total keseluruhan sampel yang dipergunakan untuk pengujian *Marshall* dan pengujian permeabilitas disini adalah sebanyak 30 sampel. Karena dibuat 2 kadar campuran, maka total sampel yang digunakan adalah 60 sampel.

- c. Untuk pengujian pelapukan aspal dengan cara ekstraksi, hanya mempergunakan sampel aspal yang dipergunakan untuk pengujian *Marshall* dengan waktu perendaman terlama yaitu 72 jam (3 hari), sehingga tidak dibutuhkan sampel baru.

Jadi, banyaknya sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 120 sampel.

Adapun penetapan variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

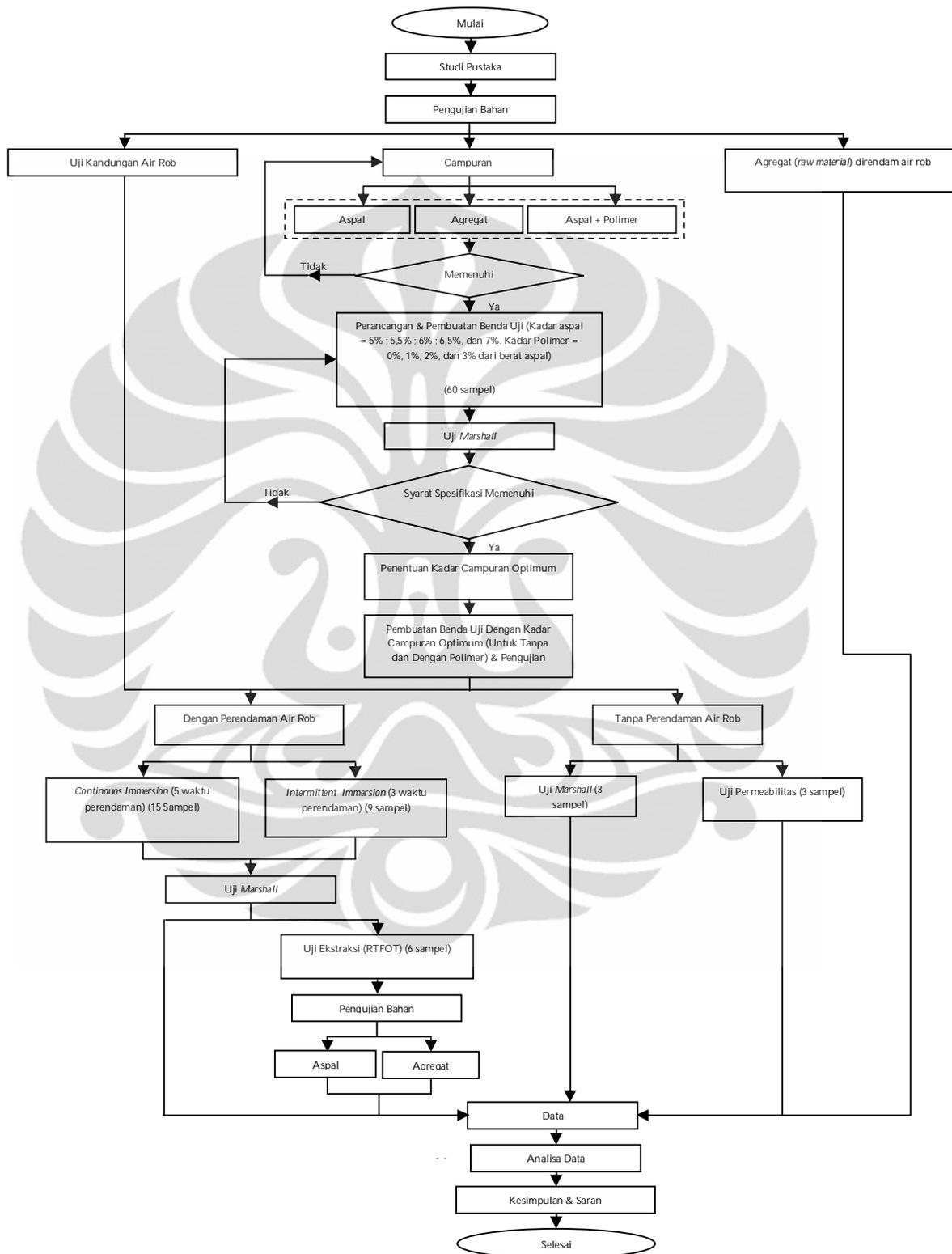
- a. Variabel tetap merupakan variabel yang sengaja dibuat sama, yang ditetapkan sebagai variabel tetap dalam penelitian ini adalah tipe campuran aspal, gradasi agregat, dan jenis/kandungan air rob yang dipergunakan dalam penelitian.
- b. Variabel bebas merupakan variabel yang dibuat berbeda, yang menjadi variabel bebas dalam penelitian ini adalah lamanya waktu perendaman sampel dalam air rob dan kadar polimer yang dipergunakan dalam campuran aspal.

Untuk waktu perendaman sampel di dalam air rob ditetapkan menjadi 2 variasi waktu perendaman, yaitu *continous immersion* dan *intermittent immersion*. Metode *continous immersion* merupakan waktu perendaman yang dilakukan secara terus menerus dengan waktu perendaman dilakukan selama 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Sedangkan metode *intermittent immersion* merupakan waktu perendaman yang dilakukan berdasarkan pertimbangan kondisi aktual yang terjadi di lapangan (kondisi nyata), yaitu perendaman dilakukan selama 12 jam kemudian sampel diangkat dan didiamkan selama 12 jam lagi (total waktu 24 jam) untuk selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall* dan sebagian sampel direndam kembali selama 12 jam dan dilakukan perlakuan yang sama sampai akumulasi waktu perlakuan adalah 72 jam (3 kali proses perendaman).

- c. Variabel terikat merupakan variabel yang akan diteliti. Yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik lapisan aspal yang digunakan, baik dari segi stabilitas, durabilitas, maupun fleksibilitas.

Karakteristik aspal disini dapat diperoleh melalui 3 (tiga) pengujian yang dilakukan yaitu uji *Marshall*, uji permeabilitas, dan uji pelapukan aspal dengan cara mengekstraksi campuran aspal yang sudah direndam air rob yang kemudian dilakukan pengujian kembali seperti pengujian-pengujian yang dilakukan sebelumnya untuk mengetahui karakteristik aspal dan agregat (sebagai *raw material*) sebelum dilakukan perendaman dengan air rob.

Pada **Gambar 3.1** disajikan bagan alir penelitian yang dilakukan



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan:

1. Tahap Pengujian Bahan

- Pengujian yang dilakukan terhadap air rob dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui kandungan air rob yang diambil. Dari berbagai kandungan air rob yang ada, yang dipergunakan untuk penelitian ini hanya kandungan garam atau salinitas dari air rob tersebut.
- Pengujian terhadap *raw material* (agregat) dilakukan dengan merendam agregat tersebut dalam air rob. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air rob terhadap kerusakan agregat yang dipergunakan dalam penelitian. Setelah agregat direndam dalam air rob, agregat akan diuji keausan agregat dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles untuk diketahui tahanan abrasi dari agregat tersebut.
- Pengujian terhadap campuran aspal terbagi atas 3 (dua) pengujian yaitu pengujian terhadap agregat dan pengujian terhadap campuran aspal.
 - ✓ Pengujian yang dilakukan pada agregat meliputi pengujian terhadap gradasi butiran agregat yang dipergunakan (melalui pemeriksaan analisa saringan) dan pengujian berat jenis dan penyerapan baik untuk agregat halus, medium, maupun agregat kasar, serta pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles.
 - ✓ Pengujian terhadap aspal meliputi pemeriksaan terhadap penetrasi aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar, penurunan berat minyak dan aspal, kelarutan aspal dalam Tetraklorida, daktilitas aspal, dan pemeriksaan berat jenis bitumen (aspal).
 - ✓ Pengujian terhadap aspal polimer meliputi pemeriksaan terhadap penetrasi aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar, penurunan berat minyak dan aspal, dan daktilitas aspal. Dengan kadar polimer yang dipergunakan adalah 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% dan 7% dari berat aspal yang digunakan untuk mengetahui karakteristik penambahan polimer terhadap aspal.

- Untuk pengujian terhadap campuran ini (agregat dan aspal) jika tidak memenuhi persyaratan yang berlaku, maka harus kembali dilakukan pengujian. Jika memenuhi persyaratan, maka baik untuk agregat dan aspal kemudian akan dipergunakan untuk proses penelitian selanjutnya yaitu pembuatan sampel/benda uji dengan berbagai variasi kadar aspal dan polimer.
2. Tahap Perancangan dan Pembuatan Benda Uji
 - Pada tahapan ini dibuat sampel dengan berbagai kasar aspal yang sudah ditentukan (5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7%) dan kadar polimer (0%, 1%, 2%, dan 3%) guna memperoleh kadar campuran aspal optimum yang dipergunakan untuk tahapan selanjutnya.
 - Benda uji yang sudah dibuat berdasarkan berbagai variasi kadar aspal tersebut kemudian dilakukan uji *Marshall*. Melalui pengujian ini akan diperoleh kadar campuran aspal optimum yang dipergunakan.
 - Untuk pengujian ini juga harus memenuhi persyaratan yang ada, jika tidak maka harus kembali dilakukan pengujian. Jika memenuhi persyaratan, maka kemudian akan dilakukan penentuan kadar campuran aspal optimum dari uji *Marshall* yang dilakukan.
 3. Tahap Penentuan Kadar Campuran Aspal Optimum
 - Dari hasil pengujian *Marshall* pada tahap sebelumnya dihasilkan karakteristik campuran aspal optimum (dari beberapa variasi kadar aspal dan polimer yang ada). Setelah diperoleh kadar campuran aspal optimum ini maka tahapan selanjutnya adalah pembuatan benda uji menggunakan kadar aspal optimum tersebut.
 4. Tahapan Pembuatan Sampel Dengan Kadar Campuran Aspal Optimum dan Pengujian
 - Setelah didapat campuran aspal dengan kadar campuran aspal optimum, kemudian dibuat campuran aspal sebanyak 30 sampel dengan perincian seperti yang telah dibahas sebelumnya.
 - Semua sampel yang direndam dalam air rob diuji dengan alat *Marshall* untuk mendapatkan data seperti nilai stabilitas campuran, VIM, maupun VMA.

- Setelah dilakukan pengujian *Marshall* sampel tersebut kemudian diekstraksi/dipisah kembali antara agregat dan aspal untuk melakukan pengujian pelapukan dengan cara pengujian aspal dan pengujian agregat yang sebelumnya dilakukan.
- Untuk sampel yang tidak direndam dalam air rob dilakukan 2 pengujian yang berbeda, yaitu pengujian *Marshall* (yang hasilnya dipergunakan untuk dijadikan pembanding atas hasil yang diperoleh dari sampel yang direndam dalam air laut) dan pengujian permeabilitas, masing-masing sejumlah 3 sampel. Uji permeabilitas ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak rongga yang terdapat dalam campuran aspal sehingga mampu mengalirkan air dengan tekanan dan lama pengaliran tertentu. Parameter uji permeabilitas diperoleh melalui nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dari hasil pengujian.

5. Tahapan Analisis Data Hasil Percobaan

- Keseluruhan data yang diperoleh dari berbagai hasil pengujian yang dilakukan pada sampel, yaitu pengujian *Marshall* untuk benda uji yang direndam maupun tidak direndam air rob, pengujian pelapukan campuran aspal dengan cara ekstraksi (RTFOT), pengujian permeabilitas campuran aspal, dan pengujian terhadap *raw material* (agregat) yang direndam air rob, maka dilakukan analisa terhadap data tersebut untuk mengetahui pengaruh air laut terhadap campuran aspal baik dari stabilitas, durabilitas, dan fleksibilitas dari campuran aspal tersebut.

3.2 Hipotesa

Hipotesa yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan waktu perendaman yang sudah direncanakan, kekuatan agregat kasar ketika diuji abrasi dengan mesin Los Angeles akan mengalami penurunan karena air rob masuk ke dalam agregat dan menyebabkan terjadinya pelapukan terhadap agregat kasar tersebut.

2. Penambahan polimer diperkirakan mampu meningkatkan kinerja aspal yang dipergunakan sehingga juga berpengaruh kepada kekuatan dari campuran aspal yang akan dibuat, namun terdapat penggunaan kadar polimer optimum yang sebaiknya dipergunakan.
3. Dengan dilakukan uji *Marshall* pada sampel yang direndam dalam air rob akan diperoleh grafik stabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang tidak direndam dalam air rob, hal ini dipengaruhi karena adanya kandungan dalam air rob (kandungan garam ataupun asam) yang menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan pada campuran aspal tersebut.
4. Pengaruh air rob (melalui proses perendaman) akan berpengaruh lebih besar terhadap agregat, sedangkan pengaruhnya terhadap aspal diperkirakan hanya sebagian kecil saja.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Bahan Baku Penelitian

Rincian mengenai spesifikasi bahan baku yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

- a) Aspal
Penetrasi : 60/70
Merk : Aspal Pertamina
- b) Agregat halus
Tipe : Abu batu
Ukuran : 0,075 mm – 4,75 mm
Berat Jenis : minimum 2500 kg/m³
- c) Agregat kasar
Tipe : Batu pecah (*split*)
Ukuran : maksimum 20 mm
Berat Jenis : minimum 2500 kg/m³

- d) Air yang dipergunakan adalah air akibat naiknya muka air laut (air rob) ke badan jalan sehingga menyebabkan terjadinya genangan di badan jalan tersebut.
- e) Polimer jenis *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) sebanyak 1%, 2% dan 3% dari berat aspal yang dipergunakan.

3.3.2 Pemeriksaan Material

Semua material yang digunakan selama penelitian perlu diperiksa terlebih dahulu agar material yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3.3.2.1 Pemeriksaan Aspal

- 1) Pemeriksaan Penetrasi Aspal
(*PA-0301-76, AASHTO T-49-80, ASTM D-5-97*)
Tujuan : menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran, beban dan suhu tertentu.
- 2) Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
(*PA-0302-76, AASHTO T-53-81, ASTM D-36-95*)
Tujuan : Menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30⁰C – 200⁰C.
- 3) Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar
(*PA-0303-76, AASHTO T-48-81, ASTM D-92-02*)
Tujuan : Menentukan titik nyala dan titik bakar dari aspal.
- 4) Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal
(*PA-0304-76, AASHTO T-47-82, ASTM D-6-95*)
Tujuan : Menentukan kehilangan berat minyak dan aspal.
- 5) Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam Karbon Tetraklorida (CCl₄)
(*PA-0305-76, AASHTO T-44-81, ASTM D-2042-97*)

Tujuan : menentukan kadar bitumen yang larut dalam Karbon Tetra Klorida (CCl₄).

6) Pemeriksaan Daktilitas Aspal

(PA-0306-76, AASHTO T-51-81, ASTM D-113-79)

Tujuan : Mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

7) Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen (Aspal)

(PA-0307-76, AASHTO T-228-79, ASTM D-70-03)

Tujuan : Menentukan berat jenis bitumen keras dan ter.

Hasil pemeriksaan atau pengujian material aspal ini harus memenuhi ketentuan aspal (**Tabel 2.1**) dan aspal polimer (**Tabel 2.9** Persyaratan Aspal Plastomer dan Elastomer dan **Tabel 2.10** Persyaratan Aspal Polimer) karena dalam penelitian ini aspal keras yang digunakan ada yang ditambahkan salah satu jenis elastomer yaitu *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) dan ada yang tidak ditambahkan (aspal keras murni).

3.3.2.2 Pemeriksaan Agregat

1) Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

(PB-0201-76, AASHTO T-27-82, ASTM D-136-04)

Tujuan : Menentukan distribusi ukuran butiran (gradasi) agregat halus dan kasar.

2) Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

(PB-0202-76, AASHTO T-85-81, ASTM D-127-04)

Tujuan : Menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat kasar.

3) Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

(PB-0203-76, AASHTO T-84-81, ASTM D-128-04)

Tujuan : Menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

- 4) Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (*SNI 2417:2008, AASHTO T 96-02, ASTM C 131-01*)

Tujuan : untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

3.3.3 Pengujian Kandungan Air Rob

Pemeriksaan kandungan air rob dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Hanya beberapa parameter saja kandungan air laut yang diuji yaitu kadar garam (*salinitas*) dan tingkat keasaman (*pH*). Untuk metode dan standar pengujian diserahkan dan berpedoman pada standar pengujian di Laboratorium Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

3.3.4 Pengujian Keausan Agregat Dengan Perendaman Air Rob

Tujuan dari proses ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perendaman air rob terhadap karakteristik dari bahan dasar (*raw material*) campuran aspal yaitu agregat. Karakteristik dari agregat yang ingin diketahui disini adalah ketahanan agregat terhadap abrasi atau mencari nilai keausan setelah direndam air rob selama ± 72 jam (3 hari). Dari tahap ini diperoleh nilai keausan agregat yang telah direndam untuk kemudian dibandingkan dengan nilai keausan agregat yang tidak direndam air rob.

Pengujian keausan agregat dilakukan dengan Mesin Abrasi *Los Angeles* sesuai dengan standar SNI 2417-2008 (AASHTO T 96-02, ASTM C 131-01). Hasil akhir dari pengujian ini adalah nilai keausan

agregat yang dinyatakan dengan persen dengan persamaan sebagai berikut:

$$Keausan = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad \dots (3.4)$$

dimana : a = berat benda uji semula (gram)

b = berat uji tertahan saringan No.12 (gram)

3.3.5 Perancangan dan Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukan semua pengujian material pembentuk campuran aspal beton, maka langkah selanjutnya adalah merumuskan sampel yang akan digunakan untuk penelitian. Tahap awal penelitian adalah mencari kadar campuran aspal optimum yang akan digunakan sebagai acuan kadar aspal dalam pembuatan sampel uji untuk pengujian variasi tumbukan pada saat *compaction*. Berdasarkan **Tabel 3.1** (*Jumlah Sampel Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum*) maka langkah pertama adalah membuat sampel uji untuk mencari kadar campuran aspal optimum untuk masing-masing variasi kadar aspal dan polimer sebanyak 3 sampel sehingga jumlah keseluruhan sampel untuk penentuan kadar campuran aspal optimum adalah 60 sampel. Kemudian semua sampel diuji dengan menggunakan alat *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dari masing-masing sampel sehingga dapat diketahui sampel dengan kadar campuran aspal yang memiliki angka stabilitas tertinggi (kadar campuran aspal optimum).

3.3.6 Perendaman Sampel Dalam Air Rob

Setelah didapatkan angka kadar campuran aspal optimum, tahap selanjutnya adalah membuat sampel (campuran aspal) dengan menggunakan kadar optimum tersebut. Sampel tersebut dibuat sesuai dengan rencana penelitian yaitu, 3 buah untuk sampel yang tidak

direndam air rob, 24 buah untuk sampel yang direndam air rob dan 3 buah sampel untuk akan diuji permeabilitasnya.

Perendaman sampel dalam air rob dilakukan dengan 2 variasi perendaman yaitu *continuous time* dan *intermittent time*. Sampel-sampel tersebut kemudian diuji dengan alat *Marshall* untuk mengetahui pengaruh air rob terhadap karakteristik campuran aspal beton. Karakteristik yang dicari dari uji *Marshall* ini adalah nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari masing-masing sampel atau campuran aspal. Selain itu juga dilakukan uji permeabilitas dan uji ekstraksi untuk mengetahui karakteristik campuran aspal tersebut.

3.3.7 Pengujian Marshall

Referensi : (*PC-0201-76, AASHTO T-245-82, ASTM D-1559-76*)

Tujuan : untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Ketahanan (*stabilitas*) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam millimeter atau 0,01 inch.

Setelah serangkaian penelitian ini dilakukan, dibuat hubungan antara waktu perendaman terhadap stabilitas campuran, waktu perendaman terhadap kelelahan campuran, kadar garam atau salinitas terhadap stabilitas campuran, kadar garam atau salinitas terhadap kelelahan campuran.

3.3.8 Pengujian Permeabilitas

Untuk mendapatkan nilai permeabilitas air, aspal diuji di dalam alat permeabilitas untuk kemudian data yang didapat akan diolah untuk mendapatkan koefisien permeabilitas.

Metode pengujian berdasarkan standar sementara ASTM D04.23 (G.W. Maupin, Jr. Virginia Transportation Research Council, 1999). Alat pengujian terdiri dari suatu silinder metal dengan selaput fleksibel pada bagian dalam atas silinder sehingga tekanan udara dapat diterapkan. Silinder terdiri dari pelat atas dan pelat bawah yang dapat dipindahkan dan disegel. Pelat atas mempunyai suatu lubang dengan suatu silinder untuk mengalirkan air, dan pelat bawah memiliki lubang saluran dan klepnya sehingga air dapat keluar.

Permukaan sisi samping spesimen dilapisi dengan suatu lapisan vaselin setelah ditempatkan di dalam silinder untuk mencegah aliran air disepanjang permukaan sisi sampingnya. Spesimen ditempatkan pada plat alas dan kemudian pelat metal yang berongga. Berikutnya, silinder pengalir dialiri air, kemudian keran di atas dibuka sehingga air dapat melewati spesimen. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari ketinggian (umumnya 800 mm) sampai ketinggian (umumnya 200 mm) dicatat.

Percobaan dilakukan sebanyak variasi spesimen yang ada dan hasilnya akan dirata-rata. Pengujian permeabilitas ini menggunakan tekanan hidrolis yang mengikuti standar (AF-16 *Asphalt Permeability Instruction Manual*) sebesar 2 – 10 kg/cm² untuk tekanan normal.

3.3.9 Pengujian Pelapukan Dengan Cara Ekstraksi

Referensi : (RSNI M-05-2004 diadopsi dari AASHTO T 164-98)

Tujuan : untuk mendapatkan kembali komposisi bahan sesuai dengan perencanaan dan dilanjutkan dengan pengujian sifat fisik aspal untuk mengetahui sifat aspal pada pelaksanaan dan masa pelayanannya.

Ekstraksi merupakan pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang dapat melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut. Untuk memulihkan aspal

Universitas Indonesia

digunakan pelarut *Trichloroethylene* murni atau *Methylene Chloride* murni, sedangkan untuk penentuan kadar aspal saja dipergunakan *Trichloroethylene* teknis. Rumus yang dipergunakan untuk menentukan kadar aspal setelah dilakukan ekstraksi adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2} \times 100\% \quad \dots (3.5)$$

dimana : B = kadar aspal (%)

W1 = berat benda uji (gram)

W2 = berat air dalam benda uji (gram) [sesuai dengan SNI 06-2490-1991]

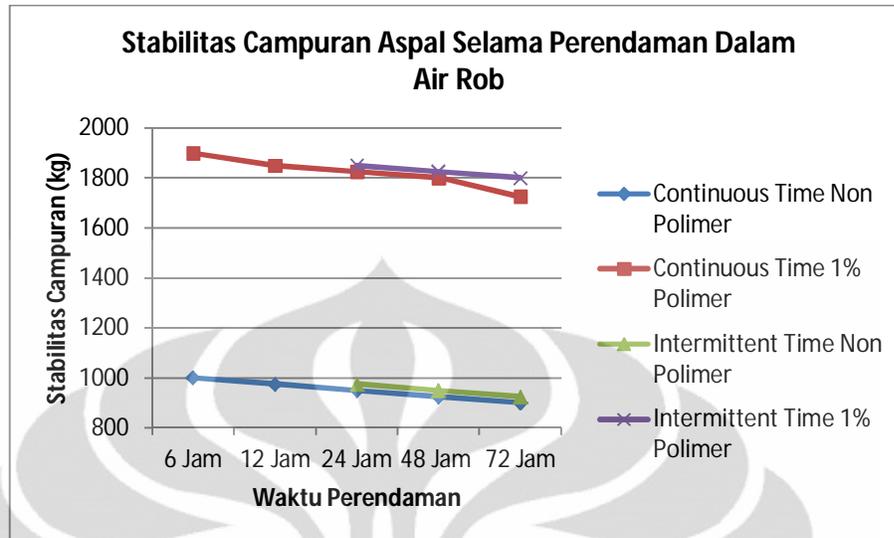
W3 = berat mineral agregat hasil ekstraksi (gram)

W4 = berat mineral halus yang tertinggal di dalam nitrat (gram)

3.4 Tahapan Analisis dan Pembahasan

Setelah didapat dari seluruh sampel kemudian dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a) Melakukan plot data nilai stabilitas yang diperoleh dari uji *Marshall* untuk setiap variasi waktu perendaman sampel di dalam air rob. Contoh grafik stabilitas berdasarkan variasi waktu perendaman dicantumkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Contoh Grafik Stabilitas Campuran Aspal Selama Waktu Perendaman

- b) Menganalisa hubungan antara lamanya waktu perendaman (baik untuk *continuous immersion* maupun *intermittent immersion*) terhadap perubahan stabilitas yang terjadi pada campuran.
- c) Membandingkan data hasil *Marshall test* sampel kadar optimum dan metode *Marshall* standar dengan data hasil *Marshall test* sampel yang direndam dengan air rob.
- d) Menganalisa perbedaan nilai stabilitas campuran aspal dan menganalisa pengaruh air rob baik terhadap campuran aspal sebagai satu kesatuan maupun dari *raw material* nya.
- e) Menganalisa pengaruh rongga dalam agregat terhadap gradasi agregat terhadap kemampuan permeabilitas campuran aspal.
- f) Menganalisa pengaruh perendaman sampel di dalam air rob terhadap kondisi pelapukan campuran aspal.

3.5 Tahapan Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis melalui perhitungan dan disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara waktu perendaman dengan faktor-faktor kinerja campuran aspal, ditambah dengan data pengaruh kandungan air laut terhadap agregat dan campuran aspal, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan juga dapat memberikan usulan terhadap permasalahan maupun penelitian yang serupa.



BAB 4

DATA DAN ANALISA HASIL PENELITIAN

4.1 Pengujian Kandungan Air Rob

Lokasi pengambilan air rob adalah di Jalan Muara Baru Ujung, Muara Baru, Jakarta Utara. Pada **Tabel 4.1** disajikan rincian hasil pemeriksaan kandungan contoh air rob.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Kandungan Air Rob dan Air Laut

No	Parameter Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	
			Air Rob	Air Laut ^(*)
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/L	38	-
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	1236	-
3	Klorida (Cl)	mg/L	9550	11666
4	Sulfat (SO ₄)	mg/L	2000	1666
5	Kadar garam/salinitas (NaCl)	g/L	22,58	-
6	pH		7,15	7,16

^(*) Sampel air laut berasal dari daerah Ancol, Jakarta Utara, yang dipergunakan untuk penelitian pengaruh air laut terhadap ketahanan beton

Pengujian kandungan air rob ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik (untuk parameter pengujian TSS, Klorida, Sulfat dan pH) dan di Laboratorium Afiliasi Departemen Kimia Fakultas MIPA (untuk pengujian TDS dan kadar garam/salinitas). Penambahan parameter pengujian (seperti TSS, TDS, Klorida dan Sulfat) ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan air rob (secara lebih spesifik) yang mungkin mempengaruhi atau menurunkan karakteristik campuran aspal beton yang dipergunakan. Material kecil yang terkandung di dalam air rob memungkinkan untuk mengisi rongga udara yang ada dalam campuran aspal beton, antara lain material terlarut maupun tersuspensi (diperoleh dari pengujian TSS dan TDS).

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan garam/salinitas antara air laut dan air rob sebanyak lebih dari 2000 mg/L. Perbedaan salinitas ini disebabkan karena air rob merupakan air laut yang menggenangi daratan sudah mengalami pencampuran dengan material/zat lain yang ada di daratan. Untuk kadar pH antara air rob ataupun air laut cenderung sama. Kadar keasaman/pH air pada dasarnya mampu mempengaruhi karakteristik campuran aspal dari segi kelelahan dan stabilitas campuran aspal. Penelitian oleh Adrian Salman al Farisi (2009), air hujan dengan pH 4,6 (bersifat asam) dapat menurunkan stabilitas campuran aspal sebesar 6,16% dan penurunan kelelahan campuran aspal sebesar 4,33% jika dibandingkan dengan air yang memiliki pH 7 (bersifat netral). Air dengan pH 8 (bersifat basa) dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal sebesar 7,31% dan meningkatkan kelelahan campuran aspal sebesar 23,92% jika dibandingkan dengan air yang memiliki pH 7 (bersifat netral). Dari hasil penelitian ini, bisa disimpulkan bahwa pH air rob yang dipergunakan tidak akan mempengaruhi perubahan karakteristik campuran aspal melainkan akan dipengaruhi oleh kandungan air rob lainnya.

4.2 Pengujian Material

4.2.1 Hasil Pengujian Aspal

Material aspal yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu aspal keras merk Pertamina penetrasi 60/70. Hasil pengujian aspal tertera pada **Tabel 4.2** dengan menggunakan perbandingan berdasarkan spesifikasi dari Manual Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Bina Marga.

Tabel 4.2 Pengujian Fisik Aspal Pertamina Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Penetrasi 60/70		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	60	79	71	Memenuhi
2	Titik lembek 5°C (<i>ring and ball test</i>)	°C	48	58	49,5	Memenuhi
3	Titik nyala (<i>cleavelend open cup</i>)	°C	232	-	320	Memenuhi
4	Kehilangan berat (<i>thick film oven test</i>)	%	-	0,4	0,02	Memenuhi
5	Kelarutan dalam CCl ₄	%	99	-	99	Memenuhi
6	Daktalitas	cm	100	-	> 100	Memenuhi
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	% semula	75	-	75,25	Memenuhi
8	Berat jenis 25°C	gr/cc	1	-	1,033	Memenuhi

- Pemeriksaan penetrasi aspal
 Pengujian ini berdasarkan PA-0301-76, AASHTO T-49-80, ASTM D-5-97. Hasil pengujian diperoleh penetrasi sebesar 71 artinya aspal tersebut masuk ke dalam rentang penetrasi untuk aspal pen 60/70 yaitu pada rentang 60 – 79. Pemeriksaan penetrasi setelah kehilangan berat dengan sampel dioven selama ± 5 jam lalu dilakukan pemeriksaan penetrasi dengan prosedur yang sama. Hasil yang didapat mengalami penurunan dari penetrasi sebelum kehilangan berat yaitu sebesar 1,75. Hal ini disebabkan karena sifat aspal menjadi kurang lentur akibat penguapan minyak selama dioven. Jika dibandingkan dengan nilai penetrasi sebelum kehilangan berat, penurunan angka penetrasi adalah sebesar 32,89% dari nilai penetrasi sebelum kehilangan berat.
- Pemeriksaan titik lembek aspal
 Pengujian ini berdasarkan PA-0302-76, AASHTO T-53-81, ASTM D-36-95. Untuk aspal penetrasi 60/70, syarat titik lembek berada

pada rentang 48°C – 58°C. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai titik lembek yang memenuhi syarat yaitu 49,5°C.

- Pemeriksaan titik nyala aspal dan titik bakar
Pengujian ini berdasarkan PA-0303-76, AASHTO T-48-81, ASTM D-92- 02. Dari hasil pemeriksaan didapat besarnya titik nyala sebesar 320°C.
- Pemeriksaan kehilangan berat minyak dan aspal
Pengujian ini berdasarkan PA-0304-76, AASHTO T-47-82, ASTM D-6-95. Pemeriksaan penurunan berat minyak untuk aspal penetrasi 60/70 memiliki batas maksimum sebesar 0,4% sedangkan hasil uji laboratorium didapat penurunan berat minyak sebesar 0,02% dengan demikian aspal memenuhi spesifikasi pemeriksaan penurunan minyak dan aspal.
- Pemeriksaan kelarutan aspal dalam Karbon Tetraklorida (CCl₄)
Pengujian ini berdasarkan PA-0305-76, AASHTO T-44-81, ASTM D-2042-97. Persyaratan kelarutan aspal dalam CCl₄ minimum sebesar 99%, sedangkan hasil penelitian didapatkan besarnya kelarutan aspal Pertamina penetrasi 60/70 ini sebesar 99%. Artinya dalam aspal tersebut terdapat material lain yang terlarut sebesar 1% dalam residu aspal.
- Pemeriksaan daktilitas aspal
Pengujian ini berdasarkan PA-0306-76, AASHTO T-51-81, ASTM D-113-79. Berdasarkan hasil uji laboratorium, didapatkan hasil di atas 100 cm, sehingga aspal memenuhi spek yang menetapkan batas minimum 100 cm.
- Pemeriksaan berat jenis bitumen (aspal)
Pengujian ini berdasarkan PA-0307-76, AASHTO T-228-79, ASTM D-70-03. Berdasarkan data pemeriksaan hasil uji laboratorium didapat berat jenis aspal sebesar 1,033 gr/cc. Dengan demikian aspal memenuhi persyaratan berat jenis.

4.2.2 Hasil Pengujian Aspal Polimer

Hasil pemeriksaan material aspal polimer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan aspal keras merk Pertamina penetrasi 60/70 dan polimer SBS (*Styrene Butadiene Styrene*). Pengujian yang dilakukan untuk aspal polimer ini hanya 4 (empat) parameter saja yaitu penetrasi (baik sebelum maupun sesudah terjadi penurunan berat), daktilitas, titik nyala dan titik lembek, dan titik lembek. Parameter tersebut dipertimbangkan mampu mewakili karakteristik utama dari aspal polimer untuk diaplikasikan/dipergunakan sebagai campuran aspal untuk perkerasan jalan lentur.

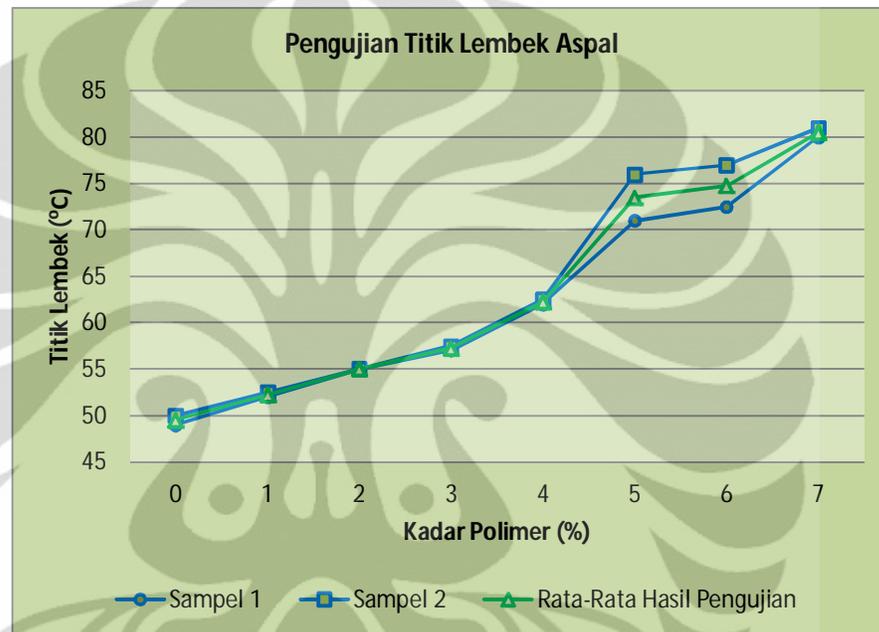
Aspal dan polimer dicampur dengan menggunakan alat pencampur (*mixer*) biasa dan dilakukan modifikasi kecil pada pisau *mixer* tersebut, dengan suhu pemanasan yang dijaga antara 150 – 170°C dan dilakukan selama 20 menit. Polimer (SBS) yang digunakan sebelumnya disaring dengan menggunakan saringan No. 30 dan No. 50 dan yang digunakan untuk bahan campuran adalah polimer yang lolos saringan No. 50. Persentase tertahan adalah sekitar 50%, 25%, dan 25% untuk urutan saringan No. 30, No. 50, dan pan. Dilakukannya penyaringan terhadap polimer ini adalah dengan tujuan untuk mempermudah pencampuran dengan aspal dan tidak membutuhkan waktu yang lama untuk pencampuran (menghindari terjadinya kehilangan kandungan *asphaltene* pada aspal yang semakin besar).

Hasil pengujian aspal tertera pada **Tabel 4.3**:

Tabel 4.3 Pengujian Fisik Aspal Polimer

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal		Hasil Pemeriksaan						
			Penetrasi 60/70		Kadar Polimer (%)						
			Min	Max	1	2	3	4	5	6	7
1	Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	50	80	47,2	43,1	35,6	35,5	33,9	34,4	34,8
2	Titik lembek 5°C (<i>ring and ball test</i>)	°C	54	-	52,25	55	57,25	62,25	73,5	74,75	80,5
3	Titik nyala (<i>cleavelend open cup</i>)	°C	225	-	286	284	280	281	282	264	274
4	Titik nyala (<i>cleavelend open cup</i>)	°C	-	-	304	308	300	308	290	272	278
5	Daktilitas	cm	50	-	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100

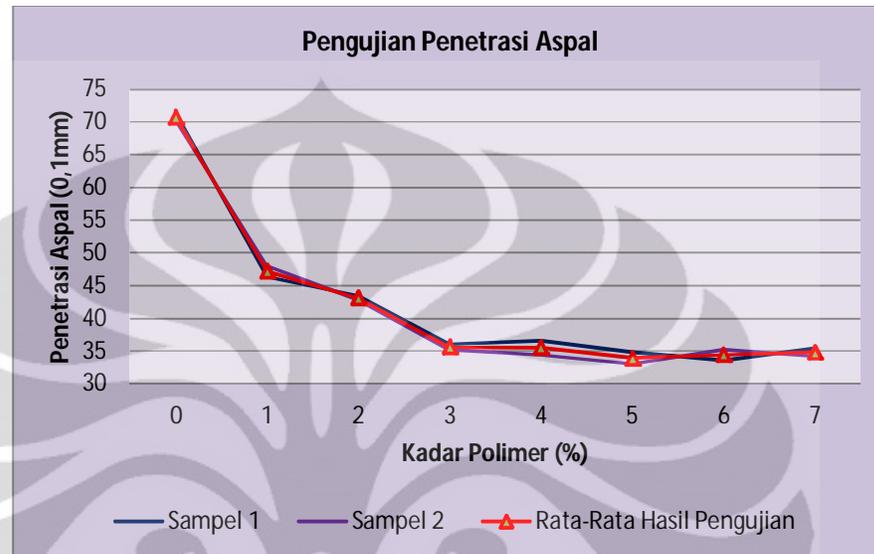
Dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa penambahan polimer jenis SBS mempengaruhi peningkatan titik leleh aspal dan bersesuaian dengan hasil penelitian sebelumnya yang diperlihatkan pada **Gambar 2.1**. Peningkatan ini terlihat dengan jelas untuk penambahan polimer SBS sebanyak 5% sampai dengan 7%. Peningkatan titik leleh aspal polimer ini diperlihatkan pada **Gambar 4.1**



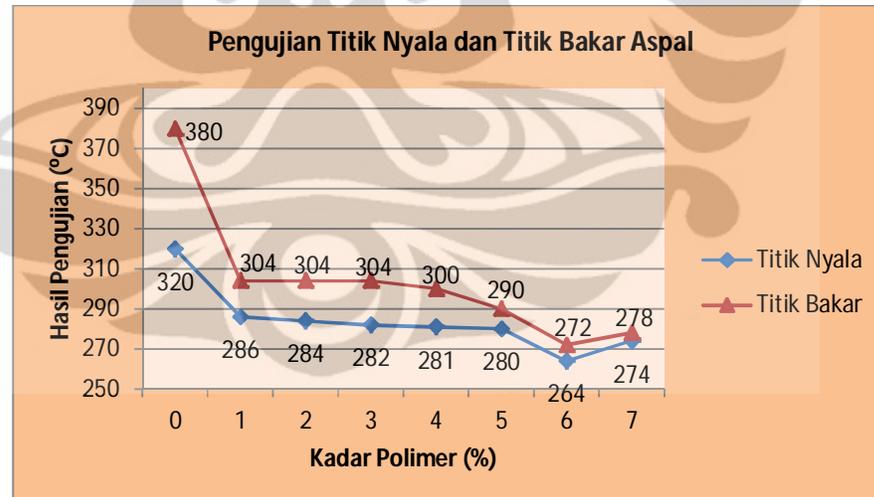
Gambar 4.1 Pengujian Titik Lembek Aspal Polimer

Semakin besar polimer SBS yang ditambahkan pada aspal, maka perbedaan sifat rekayasa aspal yang diperoleh juga semakin besar akibat aspal yang menjadi semakin kaku dan ulet. Hal ini juga ditunjukkan pada **Gambar 4.2** yang memperlihatkan bahwa semakin banyak kadar polimer yang ditambahkan pada aspal yang digunakan, nilai kekakuan aspal semakin tinggi yang dapat dilihat dari nilai penetrasi yang terus mengalami penurunan. Selain itu, penambahan polimer SBS juga berpengaruh pada kemampuan aspal menahan panas yang ditunjukkan pada penurunan nilai titik nyala dan titik bakar aspal, yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3**. Penurunan titik nyala dan titik bakar ini masih berada dalam rentang persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga untuk

spesifikasi aspal polimer. Begitu juga untuk pengujian daktilitas, seluruh campuran aspal polimer yang dibuat mampu ditarik hingga lebih dari 100 cm dengan menggunakan uji daktilitas.



Gambar 4.2 Pengujian Penetrasi Aspal Polimer



Gambar 4.3 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Polimer

Dari beberapa parameter pengujian sifat dasar aspal polimer yang dilakukan, hasil pengujian penetrasi menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh tidak memasuki rentang spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga untuk campuran aspal polimer (aspal modifikasi), namun masih

bisa memenuhi spesifikasi aspal penetrasi 40/60. Hal ini dimungkinkan karena sifat polimer SBS yang sangat sulit untuk dicampurkan dengan aspal.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai (2002), pembuatan aspal polimer harus dilakukan pada temperatur antara 150°C – 170°C selama 2,5 – 3 jam menggunakan pisau *mixer* biasa. Saat melakukan percobaan dengan prosedur ini, aspal polimer yang diperoleh bersifat homogen namun ketika dilakukan uji penetrasi terlihat bahwa aspal polimer terlalu kaku dengan penetrasi sebesar 31,8 (untuk kadar polimer 1%). Hal ini disebabkan karena kandungan *asphaltene* dalam aspal berkurang karena pemanasan dalam suhu tinggi dan dalam waktu lama. Untuk memperoleh pencampuran lebih merata dilakukan sedikit modifikasi pada pisau mesin pengaduk untuk membuat pusaran pada saat pengadukan. Aspal polimer yang dihasilkan dengan cara ini memiliki nilai penetrasi antara 25 – 30.

Karena permasalahan ini, dilakukan percobaan pencampuran aspal dan polimer dengan menggunakan prosedur *Texas Department of Transportation Designation Tex 533-C*, menyebutkan bahwa pencampuran aspal polimer dilakukan selama 20 menit dengan temperatur antara 150°C – 170°C . Penggunaan prosedur ini menyebabkan hasil campuran aspal polimer tidak homogen, terlihat pada angka penetrasi yang tidak sama pada setiap titik pengujian dan terjadi aglomerasi pada aspal polimer. Kegagalan pencampuran aspal dan polimer yang dilakukan kemungkinan besar disebabkan karena alat pengaduk yang dipergunakan yang tidak memenuhi prosedur pencampuran, hal ini dikarenakan sulitnya untuk memperoleh alat pencampur yang sesuai dengan prosedur dari sumber yang digunakan. Berdasarkan referensi yang diperoleh dari *Silverson machines Ltd*, dilakukan pertimbangan untuk memperkecil ukuran butiran polimer SBS dengan cara menyaring polimer SBS terlebih dahulu melalui saringan No. 30 dan No. 50 untuk kemudian dicampur dengan aspal pada

temperatur antara 150°C – 170°C yang dilakukan selama 20 menit agar kandungan *asphaltene* tidak berkurang namun campuran aspal polimer yang diperoleh bisa bersifat homogen.

4.2.3 Hasil Pengujian Agregat

Rincian hasil pemeriksaan material agregat yang digunakan dalam penelitian ini tertera pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Pengujian Fisik Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil	Keterangan
A Agregat Kasar					
1	Berat jenis curah (<i>bulk specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,525	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,591	Memenuhi
3	Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,703	Memenuhi
4	Penyerapan (<i>absorption</i>)	%	< 3	2,6	Memenuhi
B Agregat Medium					
1	Berat jenis curah (<i>bulk specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,52	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,59	Memenuhi
3	Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,71	Memenuhi
4	Penyerapan (<i>absorption</i>)	%	< 3	2,6	Memenuhi
C Agregat Halus					
1	Berat jenis curah (<i>bulk specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,611	Memenuhi
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,632	Memenuhi
3	Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	gr/cm ³	> 2,5	2,667	Memenuhi
4	Penyerapan (<i>absorption</i>)	%	< 3	0,806	Memenuhi

- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan medium
Pengujian ini berdasarkan PB-0202-76, AASHTO T-85-81, ASTM D-127-04. Untuk pengujian agregat kasar, memakai agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ " atau berdiameter sekitar 19,1 mm sedangkan untuk agregat medium memakai agregat lolos saringan $\frac{1}{2}$ " atau berdiameter sekitar 12,7 mm. Pada hasil pengujian didapat bahwa besarnya berat jenis curah (*bulk SG*) untuk agregat kasar sebesar $2,525 \text{ gr/cm}^3$ dan untuk agregat medium sebesar $2,520 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis curah untuk kedua jenis agregat ini lebih besar dari persyaratan minimum yaitu $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan untuk berat jenis semu (*apparent*) untuk agregat kasar sebesar $2,703 \text{ gr/cm}^3$ dan untuk agregat medium sebesar $2,710 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis semu untuk kedua jenis agregat ini lebih besar dari persyaratan minimum berat jenis semu yaitu sebesar gr/cm^3 . Hasil uji penyerapan air untuk agregat kasar dan medium didapatkan nilai penyerapannya sebesar 2,6%. Hasil pengujian penyerapan air untuk kedua jenis agregat, berada di bawah nilai maksimum untuk penyerapan air yaitu sebesar 3%. Semakin besar persentase nilai penyerapan air, maka semakin banyak air yang dapat terserap oleh agregat tersebut. nilai penyerapan air bergantung pada luas permukaan agregat dan banyaknya pori di dalam agregat itu sendiri.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus
Pengujian ini berdasarkan PB-0203-76, AASHTO T-84-81, ASTM D-128-04. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai berat jenis curah (*bulk SG*) untuk agregat halus sebesar $2,611 \text{ gr/cm}^3$ lebih besar dari batas minimum yaitu $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Untuk nilai berat jenis semu (*apparent*) didapatkan sebesar $2,667 \text{ gr/cm}^3$ melebihi batas minimum yaitu $2,5 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan untuk pemeriksaan penyerapan air untuk agregat halus didapatkan sebesar 0,806% berada di bawah batas maksimum yaitu sebesar 3%.

- Analisa saringan agregat kasar, medium, dan halus
Standar pengujiannya mengacu pada PB-0201-76, AASHTO T-27-82, ASTM D-136-04. (**Tabel 4.5**)

Tabel 4.5 Analisa Saringan Agregat

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen (%)	
			Tertahan	Lewat
Agregat Kasar				
1"	25,4	0	0	100
¾"	19,1	197	3,21	96,79
½"	12,7	3783	61,58	35,21
3/8"	9,52	1100	17,91	17,3
No. 04	4,76	962	15,66	1,64
Pan		101	1,64	0
Total		6143	100	
Agregat Medium				
½"	12,7	101	1,58	98,42
3/8"	9,52	2075	32,45	65,97
No. 04	4,76	3413	53,38	12,59
No. 08	2,38	389	6,08	6,51
No.16	1,19	160	2,5	4
No.30	0,59	62	0,97	3,03
Pan		194	3,03	0
Total		6394	100	
Agregat Halus				
No. 04	4,76	228	8,40	91,60
No. 08	2,38	552	20,34	71,26
No.16	1,19	540	19,90	51,36
No.30	0,59	473	17,43	33,94
No. 50	0,279	238	8,77	25,17
No. 100	0,149	281	10,35	14,81
No. 200	0,074	171	6,30	8,51
Pan		231	8,51	0,00
Total		2714	100,00	

- Pada analisa saringan agregat kasar, sebanyak 61,58% merupakan agregat lolos saringan ½" dan tertahan pada saringan 3/8" atau 9,52 mm. Untuk sebaran agregat medium, sebanyak 53,38% dari total sampel analisa saringan agregat medium merupakan agregat lolos

Universitas Indonesia

saringan 3/8” dan tertahan pada saringan No.4 atau 4,76 mm. Sedangkan untuk agregat halus, hampir terbagi rata di setiap saringan.

- Pemeriksaan abrasi agregat

Standar pengujiannya mengacu pada SNI 2417-2008, AASHTO T96-02, dan ASTM C 131-01. Hasil pemeriksaan abrasi agregat yang disajikan pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Abrasi Agregat

No	Tipe Abrasi	Berat Agregat (gram)		Keausan (%)	Δ (%)
		Sebelum Abrasi	Setelah Abrasi (tertahan saringan No. 12)		
1	Tipe B (tertahan saringan 1/2” dan 3/8”) tanpa direndam air rob	5000	3834	23,32	1,62
2	Tipe B (tertahan saringan 1/2” dan 3/8”) dengan direndam air rob	5000	3915	21,7	
3	Tipe C (tertahan saringan 1/4” dan No. 04) tanpa direndam air rob	5000	3748	25,04	0,74
4	Tipe C (tertahan saringan 1/4” dan No. 04) dengan direndam air rob	5000	3711	25,78	

Persentase keausan ini diperoleh dengan mempergunakan perhitungan Persamaan (7) yang tertulis pada Bab III Metodologi Penelitian.

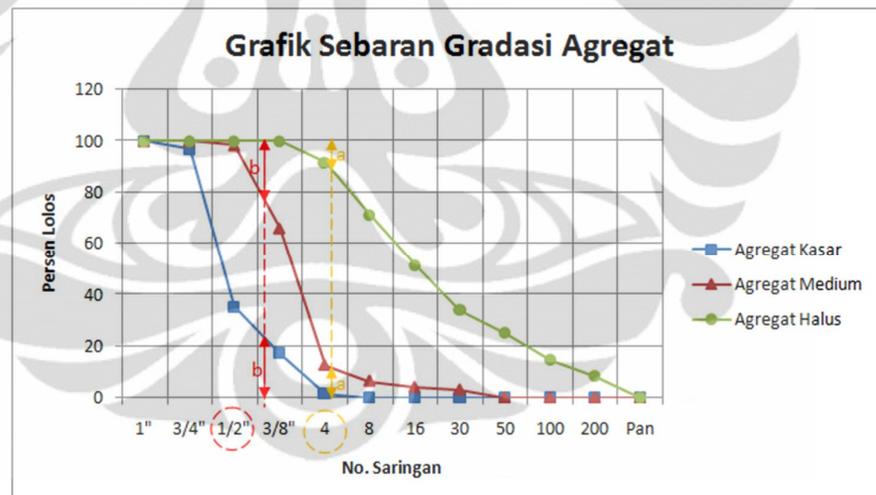
Tabel 4.6 menunjukkan bahwa persentase keausan agregat (tipe B dan tipe C) untuk perlakuan yang direndam di dalam air rob selama 3 hari dan tanpa perendaman dalam air rob tidak memiliki perubahan yang berarti. Hal ini bisa disebabkan karena pelapukan batuan yang akan terjadi dalam waktu lama sehingga dengan perendaman selama

3 hari belum menunjukkan adanya kerusakan batuan (agregat) karena pelapukan batuan yang terpengaruh oleh air rob.

4.3 Perumusan Sampel Untuk Mencari Kadar Campuran Optimum

4.3.1 Analisa Sebaran Butiran Gabungan

Untuk sebaran gradasi agregat menerus menggunakan spek IV menurut SNI 1737-1989-F. Untuk komposisi sebaran agregat untuk aspal beton kelas IV sudah diberikan pada **Tabel 2.8** Dari data **Tabel 4.5** analisa masing-masing agregat kemudian diplot ke dalam satu grafik sebaran gradasi agregat sehingga dapat ditentukan besaran persentase proporsi agregat kasar, medium, dan halus terhadap total campuran agregat. Pada **Gambar 4.4** disajikan gradasi sebaran agregat yang digunakan untuk mencari persentase agregat gradasi menerus.



Gambar 4.4 Grafik Sebaran Gradasi Agregat

Untuk menentukan proporsi masing-masing agregat dilakukan dengan cara *trial and error*, yaitu dengan perpotongan dua garis sebaran gradasi. Proporsi agregat halus dihitung dengan menentukan jarak potong yang sama (a) dari garis putus-putus antara grafik agregat halus dan agregat medium, kemudian melihat letak perpotongan garis putus-putus tersebut cenderung mendekati ke saringan No.04. Dengan mengacu ke

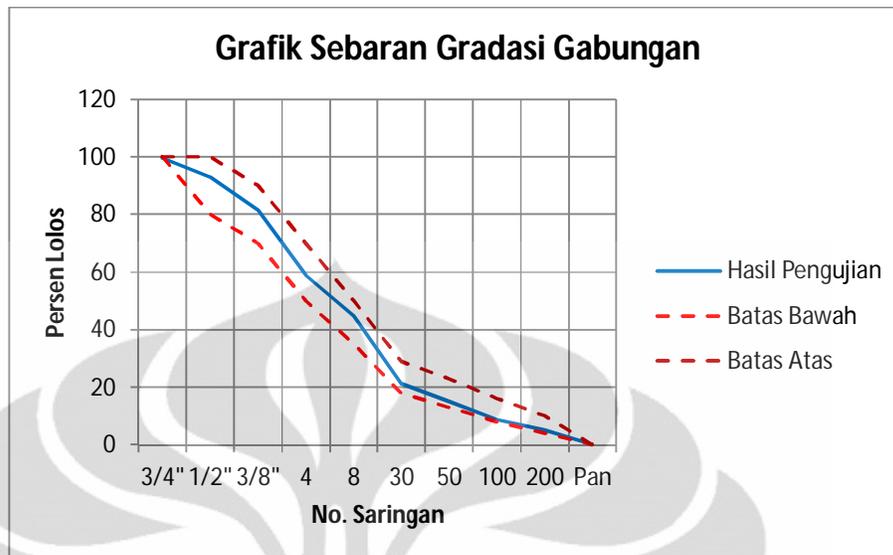
Universitas Indonesia

spek IV untuk campuran aspal beton, untuk agregat lolos saringan No.04 memiliki rentang 50 – 70%. Diambil nilai tengah yaitu 60% sebagai proporsi agregat halus yang akan digunakan untuk campuran. Dengan cara yang sama untuk menentukan proporsi agregat kasar (jarak perpotongan yang sama untuk grafik gradasi butiran untuk agregat kasar dan agregat medium). Sehingga, didapatkan proporsi perkiraan awal sebesar 10% agregat kasar, 30%, agregat medium, dan 60% agregat halus. Berdasarkan proporsi perkiraan awal tersebut kemudian tiap agregat dikalkulasikan berdasarkan proporsi masing-masing agregat.

Tabel 4.7 Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan

Saringan No.	Agregat						Total (%)	Spek IV
	Agregat Kasar		Medium		Halus			
	100%	10%	100%	30%	100%	60%		
3/4"	96,79	9,679	100	30	100	60	99,679	100
1/2"	35,21	3,521	98,42	29,526	100	60	93,047	80 - 100
3/8"	17,3	1,73	65,97	19,791	100	60	81,521	70 - 90
4	1,64	0,164	12,59	3,777	91,6	54,96	58,901	50 - 70
8			6,51	1,953	71,26	42,756	44,709	35 - 50
16			4	1,2	51,36	30,816	32,016	
30			3,03	0,909	33,94	20,364	21,273	18 - 29
50					25,17	15,102	15,102	13 - 23
100					14,81	8,886	8,886	8 - 16
200					8,51	5,106	5,106	4 - 10

Setelah didapat bobot masing-masing saringan, kemudian dijumlahkan menurut nomor saringannya sehingga didapat total persentase agregat di setiap saringannya. Dari perhitungan pada **Tabel 4.7** memperlihatkan bahwa dengan proposi agregat yang direncanakan sudah memenuhi rentang untuk setiap nomor saringan untuk spek IV. Untuk lebih jelasnya grafik gradasi agregat gabungan dapat dilihat pada **Gambar 4.5**



Gambar 4.5 Grafik Sebaran Gradasi Gabungan

Berdasarkan kesesuaian dengan spek IV campuran aspal beton yang disyaratkan oleh Bina Marga, proporsi agregat yang diperkirakan yaitu 60% agregat halus, 30% agregat medium, dan 10% agregat kasar digunakan untuk campuran aspal beton tanpa memerlukan penambahan *filler* sebagai bahan tambahan campurannya.

4.3.2 Sampel Kadar Campuran Optimum

Kadar campuran optimum dalam penelitian ini memiliki pengertian bahwa kadar optimum yang diperoleh merupakan kadar untuk semua komponen campuran aspal (aspal, agregat dan polimer) yang menghasilkan nilai stabilitas campuran aspal yang paling tinggi diantara berbagai kadar campuran yang dibuat.

Kadar aspal awal yang digunakan adalah 5% ; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%, sedangkan untuk kadar polimer yang digunakan adalah 0%, 1%, 2%, dan 3% dari berat aspal yang digunakan untuk campuran. Pertimbangan mempergunakan kadar polimer 1 – 3% ini adalah dikarenakan pada kandungan polimer 3%, butiran polimer mampu

menyebar dan menutupi fraksi aspal secara optimum/merata (J.S. Chen, M.C Liao, dan H.H. Tsai, 2002). Untuk penambahan polimer di atas 3% menyebabkan persebaran butiran polimer akan semakin banyak dan menutupi fraksi aspal lebih besar sehingga menyebabkan terjadinya ketidakhomogenan aspal polimer. Jumlah tumbukan yang digunakan untuk campuran aspal yang digunakan adalah 75 x 2 tumbukan. Rincian proporsi penggunaan material untuk campuran aspal yang digunakan tertera pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Proporsi Campuran Aspal

Kadar Aspal (%)	Berat yang Dibutuhkan Untuk Campuran Aspal (gram)			
	Aspal	Agregat Kasar	Agregat Medium	Agregat Halus
5	60	114	342	684
5,5	66	113,4	340,2	680,4
6	72	112,8	338,4	676,8
6,5	78	112,2	336,6	673,2
7	84	111,6	334,8	669,6
Berat total sampel	= 1200 gram			

Untuk perincian jumlah sampel yang dibutuhkan untuk mencari kadar campuran optimum sesuai dengan perencanaan awal yang terdapat pada **Tabel 3.1** yaitu sebanyak 60 sampel untuk masing-masing variasi dibuat 3 sampel.

Melalui perhitungan campuran yang sudah dilakukan kemudian dilakukan pembuatan sampel berdasarkan perhitungan tersebut dan untuk proses pencampuran dan pemadatan dilakukan dengan metode *Marshall Standard* yaitu aspal dipanaskan hingga suhu 110°C (aspal mencair secara keseluruhan), agregat dipanaskan pada suhu 150°C, sehingga diperoleh suhu pencampuran menjadi 120°C dan ketika sudah mencapai suhu 120°C tersebut kemudian dilakukan pemadatan dengan menggunakan *compactor* dengan jumlah tumbukan saat pemadatan sebanyak 75 x 2 tumbukan. Untuk campuran dengan menggunakan aspal polimer (campuran aspal modifikasi), suhu pencampuran aspal polimer

dan agregat adalah 180°C dan suhu untuk pemadatan campuran aspal modifikasi adalah 170°C. Setelah sampel selesai dibuat, dilakukan pengukuran fisik terhadap sampel untuk masing-masing persentase kadar aspal dengan kadar polimer 0%, 1%, 2% dan 3% yang terinci pada **Tabel 4.9**, **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11** dan **Tabel 4.12**.

Tabel 4.9 Pengukuran Fisik Campuran Aspal Tanpa Polimer

Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)			W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		1	2	3			
Kadar Aspal (5%)	10,16	7,19	7,09	7,08	1188	654	1206
	10,19	7,15	7,09	7,04	1189	652	1210,5
	10,22	7,14	7,14	7,13	1189	654	1211
Kadar Aspal (5,5%)	10,20	6,89	6,92	6,94	1188	649,5	1199
	10,24	6,73	6,74	6,73	1183	660,5	1197
	10,20	6,96	6,97	7,00	1191	656,5	1207,5
Kadar Aspal (6%)	10,15	6,80	6,84	6,77	1188	656	1196
	10,25	6,73	6,77	6,71	1186	657,5	1196,5
	10,19	6,88	6,85	6,82	1188	654,5	1199
Kadar Aspal (6,5%)	10,19	6,88	6,89	6,86	1182	655	1194,5
	10,12	6,74	6,67	6,64	1182,5	660,5	1190,5
	10,19	6,69	6,67	6,84	1187,5	661	1194,5
Kadar Aspal (7%)	10,16	6,69	6,65	6,66	1176	651,5	1182,5
	10,12	6,65	6,61	6,78	1183,5	656	1189
	10,17	6,70	6,83	6,73	1189,5	659	1195

Tabel 4.10 Pengukuran Fisik Campuran Aspal 1% Polimer

Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)			W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W Jenuh (gram)
		1	2	3			
Kadar Aspal (5%)	10,20	6,82	6,81	6,81	1184,5	662,5	1197
	10,16	6,91	6,87	6,85	1176,5	652,5	1189
	10,23	6,90	6,82	6,80	1181	651,5	1201,5
Kadar Aspal (5,5%)	10,14	6,71	6,62	6,52	1191,5	671,5	1196,5
	10,15	6,58	6,53	6,50	1173	656,5	1180,5
	10,07	6,82	6,71	6,68	1178,5	656	1186
Kadar Aspal (6%)	10,17	6,79	6,72	6,68	1176,5	651	1185,5
	10,11	6,72	6,71	6,69	1175,5	652,5	1184,5
	10,19	6,57	6,58	6,57	1175,5	655	1181
Kadar Aspal (6,5%)	10,18	6,52	6,42	6,41	1173	670	1177
	10,14	6,45	6,42	6,39	1170	660	1174
	10,11	6,47	6,43	6,40	1183	658,5	1186,5
Kadar Aspal (7%)	10,16	6,42	6,42	6,39	1174	664	1179
	10,21	6,30	6,51	6,29	1179,5	667,5	1183,5
	10,11	6,39	6,38	6,39	1176,5	664,5	1179,5

Tabel 4.11 Pengukuran Fisik Campuran Aspal 2% Polimer

Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)			W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		1	2	3			
Kadar Aspal (5%)	10,25	6,68	6,66	6,64	1181	654	1190
	10,20	6,72	6,69	6,72	1178	654,5	1191
	10,17	6,52	6,51	6,60	1176,5	656,5	1188
Kadar Aspal (5,5%)	10,18	6,61	6,59	6,59	1177	660	1188,5
	10,19	6,68	6,66	6,64	1181	660	1193,5
	10,24	6,65	6,65	6,60	1181,5	660	1194
Kadar Aspal (6%)	10,19	6,52	6,54	6,51	1180,5	664,5	1188
	10,16	6,59	6,58	6,59	1183,5	667,5	1193
	10,16	6,47	6,55	6,49	1176,5	662,5	1184,5
Kadar Aspal (6,5%)	10,18	6,45	6,51	6,43	1177	665	1186,5
	10,14	6,37	6,43	6,38	1184	674	1189,5
	10,13	6,47	6,51	6,46	1187,5	673	1194
Kadar Aspal (7%)	10,12	6,36	6,35	6,34	1187,5	676	1194,5
	10,17	6,40	6,43	6,43	1178	668	1184
	10,16	6,42	6,40	6,42	1183	673	1187

Tabel 4.12 Pengukuran Fisik Campuran Aspal 3% Polimer

Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)			W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		1	2	3			
Kadar Aspal (5%)	10,13	6,67	6,55	6,59	1186,5	675,5	1205
	10,08	6,69	6,59	6,59	1177,5	671,5	1204
	10,19	6,62	6,60	6,61	1187	663	1195,5
Kadar Aspal (5,5%)	10,25	6,68	6,75	6,67	1183,5	665	1199
	10,18	6,67	6,67	6,69	1182,5	664	1200,5
	10,05	6,72	6,71	6,71	1186,5	664	1203
Kadar Aspal (6%)	10,17	6,59	6,62	6,63	1178,5	660	1190
	10,19	6,41	6,43	6,41	1174,5	657,5	1182
	10,20	6,51	6,52	6,53	1179	666	1186
Kadar Aspal (6,5%)	10,13	6,63	6,72	6,61	1174,5	651,5	1184,5
	10,12	6,59	6,52	6,61	1200,5	676,5	1207
	10,12	6,38	6,38	6,39	1173,5	662	1180,5
Kadar Aspal (7%)	10,20	6,51	6,45	6,49	1181,5	667	1186
	10,20	6,34	6,38	6,40	1176	662	1182
	10,18	6,55	6,40	6,42	1178,5	668	1183,5

Kadar aspal untuk campuran ini merupakan kadar aspal yang sudah dicampur atau ditambahkan dengan polimer sebanyak kadar penambahan polimer yang ditentukan. Pencampuran dilakukan dengan menambahkan polimer sebanyak persen kebutuhan dari berat aspal yang digunakan dan dilakukan proses pencampuran aspal dan polimer. Setelah aspal dan polimer tercampur, diambil berat aspal polimer tersebut sebanyak kebutuhan kadar aspal yang akan dipergunakan pada campuran aspal beton.

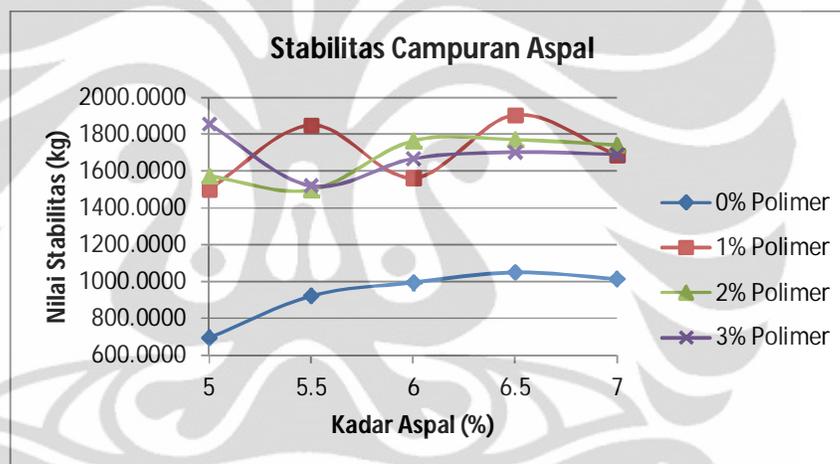
Penentuan kadar campuran optimum dilakukan dengan memilih nilai stabilitas tertinggi/terbaik dari seluruh kombinasi kadar bahan pengikat yang dibuat (baik dengan atau tanpa penambahan polimer). **Tabel 4.13**, **Tabel 4.14**, **Tabel 4.15**, **Tabel 4.16**, dan **Tabel 4.17** merupakan perhitungan rata-rata nilai stabilitas, VIM, VMA, kelelahan

(flow), dan MQ (*Marshall Quotient*) dari 3 sampel untuk setiap jenis campuran aspal (berdasarkan kadar aspal dan polimer) yang digunakan.

1. Stabilitas Campuran Aspal

Tabel 4.13 Stabilitas Campuran Aspal (Kg)

Kadar Aspal	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	695,4	1502,4	1573,3	1854,7
5,5	922,1	1848,8	1498,1	1519,6
6	995,3	1562,56	1764,5	1667,1
6,5	1049,9	1904,0	1770,9	1702,0
7	1014,4	1687,1	1741,2	1690,8



Gambar 4.6 Grafik Stabilitas Campuran Aspal

Nilai stabilitas berdasarkan standar Bina Marga tahun 2006 untuk campuran aspal tanpa polimer harus berada diatas 800 kg dan untuk campuran aspal modifikasi harus berada di atas 1000 kg. Berdasarkan standar tersebut dan dibandingkan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka nilai stabilitas keseluruhan sampel pengujian pada **Tabel 4.13** memenuhi standar yang ditetapkan oleh Binamarga tahun 2006 tersebut, kecuali campuran aspal biasa (tanpa polimer) dengan kadar aspal 5%. Nilai stabilitas campuran aspal yang diberi tanda dengan warna kuning merupakan stabilitas tertinggi dari berbagai jenis campuran aspal dengan kadar polimer yang sudah ditentukan. **Gambar**

4.6 menunjukkan bahwa campuran aspal modifikasi sebanyak 1% memiliki stabilitas lebih besar dari campuran aspal biasa.

2. *Void in The Mix* (VIM) Campuran Aspal

Tabel 4.14 *Void in The Mix* (VIM) Campuran Aspal (%)

Kadar Aspal	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	12,4	10,4	9,7	8,7
5,5	10,2	7,4	8,5	8,9
6	8,8	7,9	6,3	6,8
6,5	7,2	4,7	4,7	6,1
7	6,5	3,8	3,4	4,1

Untuk nilai VIM (*Void in The Mix*) yang sudah ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2006 harus berada pada kisaran 3,5 – 5,5% baik untuk campuran aspal biasa maupun campuran aspal modifikasi. Dari hasil percobaan yang dilakukan, sampel yang memenuhi persyaratan/standar tersebut adalah campuran aspal dengan kadar polimer 6,5% dan 7% dengan penambahan polimer 1%, kadar aspal 6,5% dengan polimer kadar polimer 2%, dan campuran aspal dengan kadar aspal 7% dengan penambahan polimer 3% (tertera pada **Tabel 4.14**).

3. *Void in Mineral Aggregates* (VMA) Campuran Aspal

Tabel 4.15 *Void in Mineral Aggregate* (VMA) Campuran Aspal (%)

Kadar Aspal	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	18,7	16,9	16,2	15,3
5,5	17,3	14,7	15,7	16,1
6	16,6	15,8	14,3	14,7
6,5	15,8	13,5	13,4	14,7
7	15,7	13,2	12,9	13,5

Untuk nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*) yang sudah ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2006 harus berada di atas 15% baik untuk campuran aspal biasa maupun campuran aspal modifikasi. Campuran aspal beton yang memenuhi standar Bina Marga diperlihatkan pada **Tabel 4.15** dengan diberi tanda warna kuning.

4. Kelelehan (*Flow*) Campuran Aspal

Tabel 4.16 Kelelehan (*Flow*) Campuran Aspal (mm)

Kadar Aspal	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	2,5	3,7	3,9	3,8
5,5	3,1	3,6	3,6	4,0
6	3,6	3,7	3,5	3,9
6,5	3,6	4,3	4,4	4,2
7	4,2	3,6	3,7	4,3

Nilai kelelehan yang ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2006 adalah > 3 mm untuk campuran aspal biasa maupun campuran aspal modifikasi. Dari standar tersebut, maka keseluruhan nilai kelelehan yang tertera pada **Tabel 4.16** memenuhi standar tersebut, kecuali untuk campuran aspal biasa (tanpa penambahan polimer) dengan kadar aspal 5%, yaitu 2,5.

5. *Marshall Quotient* (MQ) Campuran Aspal

Tabel 4.17 *Marshall Quotient* (MQ) Campuran Aspal (kg/mm)

Kadar Aspal	Kadar Polimer (%)			
	0	1	2	3
5	277,5	414,1	410,4	493,7
5,5	294,3	522,3	420,2	386,1
6	275,6	421,1	509,1	428,5
6,5	295,6	451,8	402,4	408,9
7	244,9	469,0	469,4	393,3

Nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang ditetapkan oleh Binamarga tahun 2006 adalah > 250 kg/mm untuk campuran aspal biasa dan > 300 kg/mm untuk campuran aspal modifikasi. Dari standar tersebut, maka keseluruhan nilai kelelehan tertera pada **Tabel 4.17** memenuhi standar tersebut.

Dari matrik-matrik tersebut ditentukan 1 jenis campuran yang digunakan untuk perlakuan dengan perendaman di dalam air rob. Campuran yang digunakan untuk perlakuan ditentukan bukan berdasarkan nilai rata-rata stabilitas tertinggi campuran aspal, melainkan

menggunakan sistem *cross check* terhadap nilai VIM, VMA, MQ, dan kelelahan. Karena dari nilai VIM dan VMA yang tertera pada **Tabel 4.14** dan **Tabel 4.15** dari campuran aspal modifikasi tersebut ada yang tidak memenuhi standar Bina Marga tahun 2006, pemilihan juga dilakukan menggunakan pertimbangan sifat dasar aspal polimer yang digunakan, seperti penetrasi, titik lembek dan daktilitas yang tertera pada **Tabel 4.3**. Untuk penambahan polimer sebanyak 1% menghasilkan aspal polimer dengan titik lembek 52,25°C dan penetrasi sebesar 47,2. Sedangkan untuk penambahan polimer sebanyak 2% menghasilkan aspal polimer dengan penetrasi yang rendah yaitu 43,1 dan titik lembek sebesar 55°C. Hal ini menunjukkan bahwa aspal polimer dengan kadar polimer sebanyak 2% menghasilkan aspal polimer yang terlalu kaku.

Diperlukan adanya dasar pemikiran realistis untuk menentukan pilihan atas sifat dasar campuran yang akan digunakan. Oleh karena itu, diperhitungkan besarnya hubungan/korelasi antara kadar aspal dan kadar polimer terhadap stabilitas, dalam hal ini dipergunakan bantuan program statistik menggunakan korelasi matrik pada analisis faktor. Dari korelasi tersebut menunjukkan bahwa kadar polimer berpengaruh lebih besar terhadap peningkatan stabilitas campuran, artinya semakin tinggi kadar polimer yang digunakan maka semakin tinggi pula stabilitas campuran aspal yang diperoleh. Pada **Tabel 4.18** disajikan hasil korelasi matrik antara kadar polimer dan kadar aspal terhadap stabilitas campuran aspal:

Tabel 4.18 Korelasi Matriks Berdasarkan Analisis Faktor

Correlation Matrix

		kadar polimer	stabilitas	kadar aspal
Correlation	kadar polimer	1,000	,712	,000
	stabilitas	,712	1,000	,167
	kadar aspal	,000	,167	1,000

Tabel 4.18 ini menunjukkan bahwa kadar polimer memiliki koefisien nilai faktor sebesar 71,2% dan kadar aspal memiliki koefisien nilai faktor sebesar 16,7% terhadap stabilitas campuran aspal yang

digunakan, artinya dengan semakin besar kadar polimer yang digunakan maka stabilitas campuran aspal yang diperoleh akan semakin tinggi. Berdasarkan dari hasil korelasi ini maka pertimbangan pemilihan campuran yang akan dipergunakan untuk perendaman dalam air rob lebih dititikberatkan pada campuran aspal modifikasi. Pada **Tabel 4.3** terlihat bahwa dengan kandungan polimer 1%, penetrasi masih dikatakan dalam kondisi yang baik, meski titik lembeknya tidak terlalu tinggi. Untuk kandungan polimer 2%, titik lembek aspal sudah berada di atas persyaratan, namun penetrasinya memiliki rentang yang begitu jauh dari standar Bina Marga. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka campuran yang dipilih untuk pembuatan sampel selanjutnya adalah campuran aspal modifikasi dengan kadar aspal sebanyak 6,5% dan kadar polimer 1%. Dengan kadar ini sampel dibuat untuk direndam dalam air rob guna mengetahui stabilitas campuran aspal tersebut jika dipengaruhi oleh air rob.

4.4 Pengujian Dengan Variasi Waktu Perendaman

Untuk memperoleh perbandingan atau sebagai acuan untuk mengetahui pengaruh air rob terhadap campuran aspal yang digunakan, maka dilakukan juga pengujian *Marshall* pada campuran aspal yang dipergunakan untuk perendaman dalam air rob tersebut, yaitu campuran dengan kadar aspal sebesar 6,5%, baik dengan penambahan polimer sebanyak 1% maupun tanpa penambahan polimer. Nilai hasil pengujian yang tertera pada **Tabel 4.19** merupakan nilai rata-rata dari 3 sampel yang digunakan untuk setiap jenis campuran aspal beton yang digunakan.

Tabel 4.19 Hasil Uji *Marshall* Sampel Tanpa Perendaman Air Rob

	Non Polimer	Polimer 1%
Stabilitas (kg)	1380,8	1933,1
VIM (%)	5,3	4,3
VMA (%)	14,0	13,1
<i>Flow</i> (mm)	3,4	4,2
MQ (kg/mm)	402,8	457,8

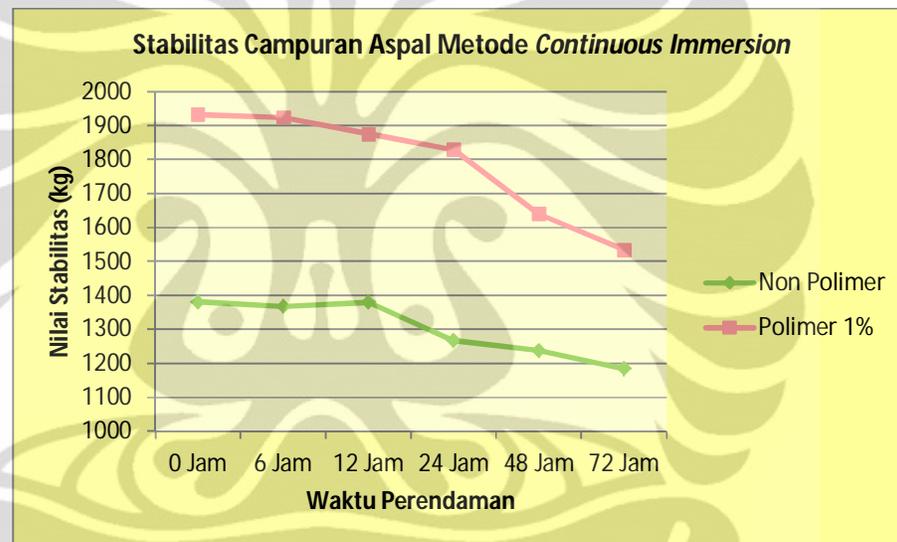
4.4.1 Metode *Continuous Immersion*

Metode *continuous immersion* merupakan perendaman yang dilakukan pada sampel dengan cara merendam sampel tersebut dalam air rob selama waktu yang ditentukan secara terus menerus dan kemudian dilakukan uji *Marshall*. Waktu perendaman ditentukan selama 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam, hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4.20 Hasil Uji *Marshall* Perendaman *Continuous Immersion*

	Non Polimer	Polimer 1%
Perendaman Selama 6 Jam		
Stabilitas (kg)	1367,3	1923,9
VIM (%)	7,0	4,3
VMA (%)	15,5	13,1
Flow (mm)	3,9	4,4
MQ (kg/mm)	349,3	437,0
Perendaman Selama 12 Jam		
Stabilitas(kg)	1379,8	1875,8
VIM (%)	5,7	4,0
VMA (%)	14,4	12,9
Flow (mm)	3,8	3,4
MQ (kg/mm)	367,8	549,6
Perendaman Selama 24 Jam		
Stabilitas (kg)	1266,9	1828,7
VIM (%)	6,3	4,6
VMA (%)	14,9	13,3
Flow (mm)	3,5	4,1
MQ (kg/mm)	366,8	446,6
Perendaman Selama 48 Jam		
Stabilitas (kg)	1237,7	1640,7
VIM (%)	6,4	5,0
VMA (%)	15,0	13,7
Flow (mm)	4,0	4,3
MQ (kg/mm)	313,8	379,0
Perendaman Selama 72 Jam		
Stabilitas (kg)	1183,8	1534,0
VIM (%)	6,1	5,3
VMA (%)	14,7	14,0
Flow (mm)	4,2	4,2
MQ (kg/mm)	288,6	364,6

Dilihat dari hasil pengujian *Marshall* yang sudah dilakukan pada sampel dengan waktu perendaman yang telah ditentukan, maka terlihat bahwa sampel yang direndam dalam air rob mengalami penurunan dalam beberapa parameter pengujian (terutama stabilitas) meskipun dalam rentang yang relatif kecil. Untuk perendaman dalam air rob selama 6 jam dan 12 jam tidak memberikan perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan sampel tanpa direndam dalam air rob. (**Gambar 4.7**)



Gambar 4.7 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Metode *Continuous Immersion*

Hasil penelitian yang tertera pada **Tabel 4.20** menunjukkan pengaruh perendaman dalam air rob terhadap campuran laston non polimer (untuk perendaman selama 6 jam terhadap tanpa perendaman) menyebabkan penurunan stabilitas sebesar 0,98% dan penurunan MQ sebesar 13,28%. Jika dibandingkan dengan penelitian Fernando Napitupulu (2009) mengenai pengaruh perendaman campuran aspal beton di dalam air hujan dengan pH asam, perubahan karakteristik campuran aspal terjadi secara fluktuatif dan membentuk pola menurun terendah terjadi pada perendaman selama 360 menit (6 jam), yaitu stabilitas menurun sebesar 33,99% dan MQ menurun sebesar 23,16%.

Universitas Indonesia

Perbandingan hasil ini memperlihatkan bahwa air hujan dengan pH asam mampu mengurangi stabilitas dan MQ campuran aspal lebih besar jika dibandingkan dengan air rob dengan pH yang cenderung netral. Penurunan stabilitas dan MQ campuran aspal beton pada perendaman air rob kemungkinan disebabkan karena kadar garam yang terkandung dalam air rob tersebut.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa hubungan antara waktu perendaman dengan stabilitas campuran aspal adalah berbanding terbalik, yaitu semakin lama campuran aspal direndam dalam air rob maka stabilitas campuran aspal tersebut akan semakin rendah. Dibuktikan dari koefisien nilai faktor yang diperoleh bernilai negatif, baik untuk campuran aspal tanpa polimer maupun campuran aspal dengan penambahan polimer sebanyak 1%. Hal yang sama juga terjadi pada nilai MQ (*Marshall Quotient*), yang ditunjukkan pada **Tabel 4.22**.

Tabel 4.21 Korelasi Matrik Hubungan Antara Waktu Perendaman *Continuous Immersion* dan Stabilitas Campuran Aspal

Correlations

		WAKTU	NONPO	POLI
WAKTU	Pearson Correlation	1	-,639**	-,754**
	Sig. (2-tailed)	.	,004	,000
	N	18	18	18
NONPO	Pearson Correlation	-,639**	1	,482*
	Sig. (2-tailed)	,004	.	,043
	N	18	18	18
POLI	Pearson Correlation	-,754**	,482*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,043	.
	N	18	18	18

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabel 4.22 Korelasi Matriks Hubungan Antara Waktu Perendaman *Continuous Immersion* dan *Marshall Quotient (MQ)* Campuran Aspal

Correlations

		WAKTU	NONPO	POLI
WAKTU	Pearson Correlation	1	-,647**	-,648**
	Sig. (2-tailed)	.	,004	,004
	N	18	18	18
NONPO	Pearson Correlation	-,647**	1	,336
	Sig. (2-tailed)	,004	.	,173
	N	18	18	18
POLI	Pearson Correlation	-,648**	,336	1
	Sig. (2-tailed)	,004	,173	.
	N	18	18	18

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Penurunan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* yang dihasilkan berkaitan dengan semakin bertambah besarnya nilai VIM dan VMA campuran aspal akibat terisinya rongga udara dalam campuran aspal tersebut oleh air rob yang masuk ke dalam campuran. Terisinya rongga udara dalam campuran ini mempengaruhi kekuatan campuran aspal dalam menahan beban yang diberikan saat uji *Marshall* dilakukan. Kandungan dalam air rob mampu menembus campuran aspal akibat waktu perendaman tertentu dan membentuk ikatan antara air, aspal dan agregat yang terdapat dalam campuran aspal yang pada akhirnya mempengaruhi karakteristik campuran aspal itu sendiri. Untuk pengaruh air rob terhadap kelelahan aspal secara keseluruhan tidak memberikan perubahan yang signifikan, artinya nilai kelelahan campuran aspal yang diperoleh baik sebelum maupun setelah perendaman dalam air rob cenderung bersifat stabil. Namun, sejumlah sampel memberikan pengaruh kerusakan data akibat faktor tertentu seperti kekuatan saat pemadatan yang tidak stabil maupun suhu pencampuran maupun suhu pemadatan yang berbeda dari sampel lainnya.

Untuk mengetahui dengan jelas pengaruh waktu perendaman dengan parameter pengukuran campuran aspal yang digunakan, dilakukan perbandingan antara hasil parameter pengujian dilakukan pada

perendaman selama 3 hari (kondisi paling ekstrim) dengan campuran aspal tanpa perendaman dalam air rob (dilakukan perlakuan berdasarkan standar yang ditetapkan), baik untuk campuran tanpa polimer maupun dengan penambahan polimer sebanyak 1%. Penurunan parameter pengujian tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.23 Perbandingan Perbedaan Parameter Hasil Pengujian Tanpa dan Dengan Perendaman Dalam Air Rob Secara *Continuous Immersion*

	Non Polimer ^(*)		Polimer 1% ^(*)	
	Dalam Angka	Dalam Persen	Dalam Angka	Dalam Persen
Stabilitas (kg)	196,9	14,26	399,1	20,65
VIM (%)	0,8	16,01	0,9	21,89
VMA (%)	0,8	5,48	0,9	6,57
Flow (mm)	0,8	23,30	0,03	0,79
MQ (kg/mm)	114,3	28,37	93,1	20,35

^(*) data yang tertera merupakan selisih antara tanpa perendaman dengan waktu perendaman terlama (3 hari)

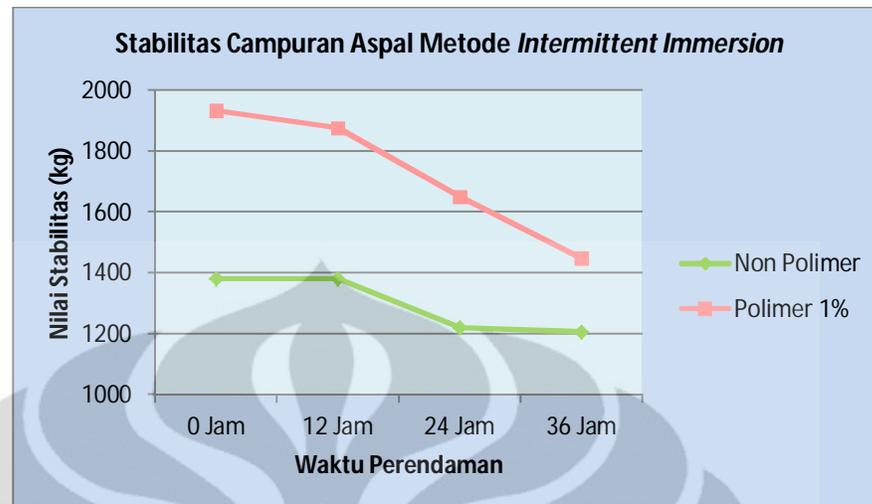
4.4.2 Metode *Intermittent Immersion*

Metode *intermittent immersion* merupakan perendaman yang dilakukan pada sampel aspal dengan cara merendam sampel tersebut dalam air rob selama waktu yang ditentukan dan tidak dilakukan secara terus menerus atau sampel dibiarkan mengalami proses pengeringan (tidak direndam dalam air rob) selama waktu yang ditentukan setelah direndam selama waktu yang ditentukan pula. Baik untuk waktu perendaman maupun ketika sampel diangkat (tidak direndam dalam air rob) adalah 12 jam. Setelah dilakukan perendaman dengan cara ini, sampel kemudian dilakukan pengujian *Marshall*. Waktu perendaman ditentukan selama 12 jam, 24 jam, dan 36 jam, masing-masing hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.26**.

Tabel 4.24 Hasil Uji *Marshall* Perendaman *Intermittent Immersion*

	Non Polimer	Polimer 1%
Perendaman Selama 12 Jam		
Stabilitas (kg)	1379,8	1875,8
VIM (%)	5,7	4,0
VMA (%)	14,4	12,9
<i>Flow</i> (mm)	3,8	3,4
MQ (kg/mm)	367,8	549,6
Perendaman Selama 24 Jam		
Stabilitas (kg)	1220,1	1649,2
VIM (%)	6,9	3,8
VMA (%)	15,4	12,7
<i>Flow</i> (mm)	3,7	4,5
MQ (kg/mm)	329,8	370,2
Perendaman Selama 48 Jam		
Stabilitas (kg)	1205,1	1447,4
VIM (%)	6,6	4,5
VMA (%)	15,2	13,2
<i>Flow</i> (mm)	3,8	4,0
MQ (kg/mm)	320,8	359,1

Seperti yang terjadi pada metode perendaman dengan *continuous immersion*, dimana pengaruh air rob tidak terlihat secara drastis pada karakteristik campuran aspal yang digunakan, begitu juga halnya dengan metode *intermittent immersion*. Pengaruh air rob terhadap karakteristik campuran tidak terlalu signifikan dikarenakan waktu perendaman yang maksimum hanya dilakukan selama 3 hari. (**Gambar 4.8**)



Gambar 4.8 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Metode *Intermittent Immersion*

Hubungan yang diperlihatkan antara waktu perendaman terhadap stabilitas dan MQ (*Marshall Quotient*) baik untuk metode *continuous immersion* ataupun *intermittent immersion* menunjukkan koefisien nilai faktor yang bernilai negatif, artinya terjadi hubungan yang berbanding terbalik antara waktu perendaman dan stabilitas ataupun nilai *Marshall* (tertera pada **Tabel 4.25** dan **Tabel 4.26**). Hal ini berarti bahwa semakin lama waktu perendaman sampel campuran aspal di dalam air rob, maka semakin rendah pula kekuatan campuran aspal yang diperoleh.

Tabel 4.25 Korelasi Matriks Hubungan Antara Waktu Perendaman *Intermittent Immersion* dan Stabilitas Campuran Aspal

		WAKTU	NONPO	POLI
WAKTU	Pearson Correlation	1	-,610*	-,948**
	Sig. (2-tailed)	.	,035	,000
	N	12	12	12
NONPO	Pearson Correlation	-,610*	1	,663*
	Sig. (2-tailed)	,035	.	,019
	N	12	12	12
POLI	Pearson Correlation	-,948**	,663*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,019	.
	N	12	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 4.26 Korelasi Matriks Hubungan Antara Waktu Perendaman *Intermittent Immersion* dan *Marshall Quotient (MQ)* Campuran Aspal

Correlations

		WAKTU	NONPO	POLI
WAKTU	Pearson Correlation	1	-,788**	-,657*
	Sig. (2-tailed)	.	,002	,020
	N	12	12	12
NONPO	Pearson Correlation	-,788**	1	,461
	Sig. (2-tailed)	,002	.	,132
	N	12	12	12
POLI	Pearson Correlation	-,657*	,461	1
	Sig. (2-tailed)	,020	,132	.
	N	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Perubahan yang terjadi pada nilai VIM dan VMA juga serupa dengan metode *continuous immersion* dimana terjadi peningkatan VIM dan VMA pada campuran aspal yang digunakan akibat masuknya air rob dalam campuran aspal dan mengisi rongga-rongga udara yang ada di dalamnya. Hal ini dipengaruhi karena kemampuan polimer SBS dalam memberikan ikatan kepada agregat yang lebih besar dibandingkan campuran tanpa penambahan polimer sehingga air yang ada akan lebih sukar untuk masuk ke dalam campuran dan mengisi rongga-rongga udara yang ada dalam campuran aspal tersebut.

Berikut merupakan perbedaan hasil pengukuran karakteristik campuran aspal antara tanpa perendaman dengan perendaman dalam air rob dengan metode *intermittent immersion* yaitu:

Tabel 4.27 Perbandingan Pengujian Parameter Hasil Pengujian Tanpa dan Dengan Perendaman Dalam Air Rob Secara *Intermittent Immersion*

	Non Polimer ^(*)		Polimer 1% ^(*)	
	Dalam Angka	Dalam Persen	Dalam Angka	Dalam Persen
Stabilitas (kg)	175,6	12,72	485,7	25,13
VIM (%)	1,4	26,04	0,1	2,86
VMA (%)	1,2	8,91	0,1	0,86
Flow (mm)	0,3	9,71	0,2	4,72
MQ (kg/mm)	82,0	20,36	98,7	21,56

^(*) data yang tertera merupakan selisih antara tanpa perendaman dengan waktu perendaman terlama (3 hari)

4.4.3 Perbandingan Hasil Antara Metode *Continuous Immersion* dan Metode *Intermittent Immersion*

Perbedaan antara waktu perendaman secara *continuous immersion* dan *intermittent immersion* terletak pada perlakuan perendaman terhadap sampel aspal yang digunakan. Untuk perendaman secara *continuous immersion*, sampel direndam dalam air rob secara terus menerus sampai pada batas waktu yang ditentukan untuk kemudian akan dilakukan uji *Marshall*. Sedangkan perendaman secara *intermittent immersion*, sampel direndam dalam air rob selama 12 jam kemudian diangkat dari air rob selama 12 jam dan direndam kembali selama 12 jam sehingga diperoleh waktu perlakuan total selama 3 hari.

Kesamaan antara *continuous immersion* dan *intermittent immersion* terletak pada waktu perlakuan total pada sampel yaitu 1 hari (24 jam), 2 hari (48 jam), dan 3 hari (72 jam). Perlakuan perendaman yang berbeda pada sampel dilakukan dengan maksud untuk mengetahui dampak dari perendaman dalam air rob tersebut yang berpengaruh besar pada campuran. Pada **Tabel 4.28** diperlihatkan bahwa pengaruh air rob terhadap kerusakan campuran aspal lebih besar terjadi pada perendaman yang dilakukan secara terus menerus, dimana nilai stabilitas dan nilai *Marshall* campuran aspal yang direndam secara *continuous immersion*

lebih rendah jika dibandingkan dengan perendaman secara *intermitten immersion*.

Tabel 4.28 Perbandingan Parameter Hasil Pengujian Sampel Dengan Metode *Continuous Immersion* dan *Intermitten Immersion*

	<i>Intermitten Immersion</i>		<i>Continuous Immersion</i>	
	Non Polimer	Polimer 1%	Non Polimer	Polimer 1%
Perendaman Selama 24 Jam				
Stabilitas (kg)	1379,8	1875,8	1266,9	1828,7
VIM (%)	5,7	3,3	6,3	4,6
VMA (%)	14,4	12,2	14,9	13,3
Flow (mm)	3,8	3,4	3,5	4,1
MQ (kg/mm)	367,8	549,6	366,8	446,6
Perendaman Selama 48 Jam				
Stabilitas (kg)	1220,1	1649,2	1237,7	1640,7
VIM (%)	6,9	3,8	6,4	5,0
VMA (%)	15,4	12,7	15,0	13,7
Flow (mm)	3,7	4,5	4,0	4,3
MQ (kg/mm)	329,8	370,2	313,8	379,0
Perendaman Selama 72 Jam				
Stabilitas (kg)	1205,1	1447,4	1183,8	1534,0
VIM (%)	6,6	4,5	6,1	5,3
VMA (%)	15,2	13,2	14,7	14,0
Flow (mm)	3,8	4,0	4,2	4,2
MQ (kg/mm)	320,8	359,1	288,6	364,6

4.5 Pengaruh Air Rob Terhadap Sifat Dasar Campuran Aspal Beton

4.5.1 Pengaruh Air Rob Terhadap Agregat

Rincian hasil pemeriksaan pada **Tabel 4.29** merupakan hasil pengujian berat agregat yang dilakukan sebelum dan setelah uji ekstraksi dilakukan pada campuran aspal yang digunakan selama waktu perendaman terlama yang direncanakan, yaitu 3 hari perendaman baik untuk *continuous immersion* maupun *intermitten immersion* dan 2 hari perendaman secara kontinu (*continuous immersion*) untuk mengetahui besar perubahan dari waktu perendaman.

Tabel 4.29 Berat Agregat Sebelum dan Sesudah Ekstraksi

Jenis Campuran	Jenis Perendaman	No. Sampel	Berat Agregat (gram)	
			Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi
Non Polimer	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	1		1113
		2	1122	1108,5
		3		1101
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	1		1114
		2	1122	1108
		3		1099
	3 Hari (<i>Intermitten Immersion</i>)	1		1099
		2	1122	1089
		3		1098
Polimer 1%	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	1		1117
		2	1122	1114
		3		1112
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	1		1119
		2	1122	1113
		3		1130
	3 Hari (<i>Intermitten Immersion</i>)	1		1127
		2	1122	1136
		3		1128,5

Tabel 4.29 menunjukkan bahwa berat agregat setelah ekstraksi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan berat agregat yang direncanakan/diperhitungkan untuk campuran. Hal ini hanya disebabkan karena pada kertas saring yang dipergunakan untuk uji ekstraksi masih terdapat sisa-sisa agregat halus yang melekat/menempel pada kertas saring. Baik untuk perendaman selama 3 hari (*continuous immersion* dan *intermitten immersion*) dan perendaman selama 2 hari, tidak menunjukkan adanya perbedaan berat agregat setelah diekstraksi. Hal yang perlu diperhatikan saat menimbang agregat sebelum maupun setelah ekstraksi adalah temperatur agregat. Penimbangan agregat sebelum dan setelah diekstraksi harus dilakukan saat agregat sudah

berada dalam temperatur yang normal agar berat yang diperoleh saat penimbangan tidak terpengaruh oleh panas (temperatur tinggi) agregat akibat proses evaporasi/penguapan cairan ekstraksi saat pengovenan. Penurunan berat agregat seharusnya tidak terjadi dikarenakan pembebanan yang diberikan pada sampel saat pengujian *Marshall* bukan merupakan beban statis berulang sehingga memungkinkan untuk terjadinya keausan pada agregat.

Dilihat dari kemampuan penyerapan (absorpsi) agregat medium dan agregat kasar bernilai 2,6 artinya mendekati ketetapan kemampuan absorpsi agregat yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 3,0. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang digunakan untuk campuran memiliki tingkat penyerapan yang relatif tinggi terhadap cairan (baik menyerap aspal maupun air). Besarnya nilai penyerapan ini menyebabkan agregat memiliki kemampuan meresap air lebih banyak dan mengakibatkan terisinya rongga udara dalam agregat oleh air rob sehingga mempengaruhi daya ikat aspal yang terserap dalam agregat tersebut. Selain itu, jika dilihat dari berat jenis (*bulk*) agregat kasar yaitu 2,525 gram/cm³ yang hanya memiliki selisih sebesar 0,025 dari standar minimum berat jenis agregat kasar yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 2,5 menunjukkan bahwa campuran beraspal yang dipergunakan membutuhkan aspal yang relatif sedikit. Dengan menghubungkan antara nilai absorpsi yang cenderung besar dan berat jenis agregat kasar yang kecil tersebut bisa disimpulkan bahwa campuran aspal yang dibuat berkemungkinan besar untuk memiliki lebih banyak rongga yang akan terisi oleh air.

4.5.2 Pengaruh Air Rob Terhadap Aspal

Rincian hasil pemeriksaan aspal pada **Tabel 4.30** merupakan hasil pengujian berat aspal yang dilakukan sebelum dan setelah uji ekstraksi.

Tabel 4.30 Kadar Aspal Sebelum dan Sesudah Ekstraksi

Jenis Campuran	Jenis Perendaman	Kadar Aspal (%)		
		Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi	
			Hasil	Rata-Rata
Non Polimer	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	6,5	7,24	7,15
			6,93	
			7,27	
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	6,5	6,60	7,13
			7,38	
			7,41	
	3 Hari (<i>Intermitten Immersion</i>)	6,5	7,06	6,99
			6,94	
			6,96	
Polimer 1%	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	6,5	6,28	6,66
			6,93	
			6,96	
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	6,5	6,45	6,68
			7,32	
			6,26	
	3 Hari (<i>Intermitten Immersion</i>)	6,5	6,60	6,40
			6,42	
			6,20	

Tabel 4.30 menunjukkan bahwa setelah uji ekstraksi dilakukan terjadi peningkatan kadar aspal. Berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya mengenai uji ekstraksi aspal untuk campuran aspal yang sudah dipergunakan selama waktu pelayanan, kadar aspal setelah diekstraksi akan mengalami penurunan dari kadar aspal awal akibat hilangnya molekul-molekul aspal selama waktu pelayanan baik karena temperatur lingkungan maupun beban kendaraan yang membebani jalan aspal tersebut. Untuk pengujian ekstraksi untuk jangka pendek (waktu yang relatif singkat) seharusnya juga mengalami penurunan meskipun dalam rentang yang relatif kecil. Kesalahan yang terjadi dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan karena penimbangan agregat yang dilakukan pada kondisi agregat belum mencapai temperatur normalnya dan juga diakibatkan karena sifat pelarut yang digunakan untuk uji ekstraksi yaitu *Trichloroetilen* masih tertinggal

atau mempengaruhi sifat dasar dari aspal dan agregat yang digunakan untuk campuran.

Gracia Holly Collins (2006) menyatakan bahwa proses ekstraksi dengan menggunakan cairan *Trichloroetilen* cenderung akan tetap tertinggal pada aspal dan agregat, meskipun *Trichloroetilen* memiliki titik didih pada suhu $86,7^{\circ}\text{C}$ (sumber : *sciencelab.com*) sehingga tidak memberikan hasil yang akurat apabila melakukan analisis dari sifat binder (aspal) dan agregat yang digunakan. Selain itu, penggunaan *Trichloroetilen* sebagai cairan untuk pelarut aspal dan agregat untuk uji ekstraksi mampu mengubah sifat fisik aspal baik saat proses ekstraksi maupun proses pemulihan (pengembalian aspal ke sifat semulanya) dikarenakan sifat pelarut *Trichloroetilen* yang masih melekat pada aspal tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gracia Holly Collins dalam mengevaluasi penggunaan cairan *Trichloroetilen*, *Rec-Ensolv* dan *Ensolv*, besarnya penyimpangan hasil penetrasi aspal setelah diekstraksi dengan menggunakan cairan *Trichloroetilen* adalah sebesar 2,89% yang merupakan nilai penyimpangan terbesar jika dibandingkan dengan mempergunakan cairan *Rec-Ensolv* dan *Ensolv* sebagai pelarut untuk ekstraksi aspal yang masing-masing cairan tersebut hanya memiliki nilai penyimpangan uji penetrasi sebesar 1,73% dan 0,58%. Berdasarkan penelitian dari Gracia Holly Collins ini maka bisa ditarik kesimpulan bahwa penyimpangan hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh air rob terhadap sifat dasar aspal setelah diekstraksi ini kemungkinan besar disebabkan karena pengaruh cairan *Trichloroetilen* yang masih melekat pada aspal akibat proses ekstraksi yang dilakukan. Pada **Tabel 4.29** tertera hasil pengujian sifat dasar aspal setelah dilakukan uji ekstraksi pada campuran aspal.

Tabel 4.31 Hasil Pengujian Sifat Dasar Aspal Sebelum dan Sesudah Ekstraksi

Jenis Campuran	Jenis Perendaman	Jenis Pengujian					
		Penetrasi (0,1 mm)		Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)		Daktilitas (cm)	
		Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi	Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi	Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi
Non Polimer	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	71	-	49,5	-	> 100	-
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	71	71,75	49,5	50	> 100	> 100
	3 Hari (<i>Intermittent Immersion</i>)	71	-	49,5	-	> 100	-
Polimer 1%	3 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	47,2	35,5	52,25	51	> 100	> 100
	2 Hari (<i>Continuous Immersion</i>)	47,2	83,17	52,25	51,75	> 100	> 100
	3 Hari (<i>Intermittent Immersion</i>)	47,2	-	52,25	-	> 100	-

Pada saat penelitian dilakukan, ditemukan bahwa aspal yang sudah dioven selama lebih dari 24 jam dengan suhu 110°C sebagai proses evaporasi untuk memisahkan kembali cairan *Trichloroetilen* dari aspal, masih terkandung cairan ekstraksi tersebut terlihat dengan kondisi aspal hasil ekstraksi yang masih terlalu lembek. Pada beberapa sampel dilakukan kembali pengovenan selama 24 jam kembali (total pengovenan selama 48 jam) untuk memisahkan antara aspal dan *Trichloroetilen* kemudian dilakukan dibiarkan selama 2 hari sebelum dilakukan pengujian sifat dasar agar terjadi proses oksidasi namun proses tersebut tetap tidak memberikan proses pemulihan aspal yang sempurna. Oleh karena itu, terdapat beberapa sampel yang tidak bisa diuji akibat aspal yang tidak mengalami proses pengerasan. Hasil pengujian sifat dasar pada aspal setelah diekstraksi seharusnya menunjukkan bahwa aspal

yang digunakan akan semakin getas akibat berkurangnya kandungan resin yang berubah menjadi *asphaltene* akibat proses penguapan molekul-molekul aspal yang menyebabkan berkurangnya kemampuan aspal dalam memberikan ikatan pada agregat dikarenakan proses pemanasan dalam temperatur yang tinggi.

4.6 Analisa Kandungan Rongga Udara Dalam Campuran Aspal Beton

Analisa terhadap kandungan rongga dalam campuran aspal beton ini dilakukan dengan 3 (tiga) jenis perhitungan, yaitu berdasarkan pengukuran tinggi sampel dan berat benda uji sebelum dan setelah perendaman, berdasarkan volume aspal setelah uji ekstraksi, dan berdasarkan koefisien permeabilitas campuran.

4.6.1 Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Pengukuran Tinggi dan Berat Benda Uji

Untuk mengetahui pengaruh air rob terhadap agregat dipergunakan perhitungan kandungan air dalam campuran aspal yang digunakan dengan cara menghitung persen deviasi antara perhitungan kandungan udara campuran tanpa perendaman dalam air rob dengan kandungan udara campuran berdasarkan waktu perendaman yang sudah direncanakan. Deviasi/perbedaan kandungan udara yang diperoleh disebabkan karena terisinya rongga udara yang ada pada campuran oleh air rob akibat perendaman yang dilakukan pada campuran aspal.

Tabel 4.30 Perhitungan Kandungan Air Campuran Aspal Tanpa Polimer Berdasarkan Persen Rongga Campuran

Jenis Rendaman	Void				Rata-Rata Void				Δ (%) Rata-Rata
	AV	VIM	VMA	VFA	AV	VIM	VMA	VFA	
6J.C1	1,49	1,64	1,49	-6,99					
6J.C2	1,02	1,12	1,02	-4,94	1,58	1,73	1,57	-7,27	0,003
6J.C3	2,21	2,43	2,21	-9,90					
12J.C1	0,72	0,79	0,72	-3,54					
12J.C2	-0,94	-1,04	-0,94	5,22	0,44	0,48	0,44	-1,84	0,001
12J.C3	1,54	1,69	1,54	-7,19					
1H.C1	2,07	2,28	2,07	-9,34					
1H.C2	0,08	0,08	0,08	-0,39	0,96	1,05	0,96	-4,44	0,002
1H.C3	0,73	0,80	0,73	-3,58					
2H.C1	1,21	1,33	1,21	-5,76					
2H.C2	0,87	0,96	0,87	-4,24	1,00	1,10	1,00	-4,81	0,002
2H.C3	0,91	1,01	0,91	-4,45					
3H.C1	0,14	0,15	0,14	-0,72					
3H.C2	1,16	1,27	1,16	-5,54	0,77	0,84	0,77	-3,70	0,001
3H.C3	1,01	1,10	1,00	-4,86					
12J.I1	0,72	0,79	0,72	-3,54					
12J.I2	-0,94	-1,04	-0,94	5,22	0,44	0,48	0,44	-1,84	0,001
12J.I3	1,54	1,69	1,54	-7,19					
24J.I1	1,36	1,49	1,36	-6,41					
24J.I2	0,99	1,09	0,99	-4,78	1,46	1,61	1,46	-6,80	0,002
24J.I3	2,04	2,24	2,04	-9,22					
36J.I1	0,57	0,62	0,56	-2,82					
36J.I2	1,72	1,89	1,72	-7,94	1,25	1,37	1,25	-5,86	0,002
36J.I3	1,46	1,60	1,45	-6,83					
Non Rendam ^(*)	13,83	5,27	13,97	62,32					

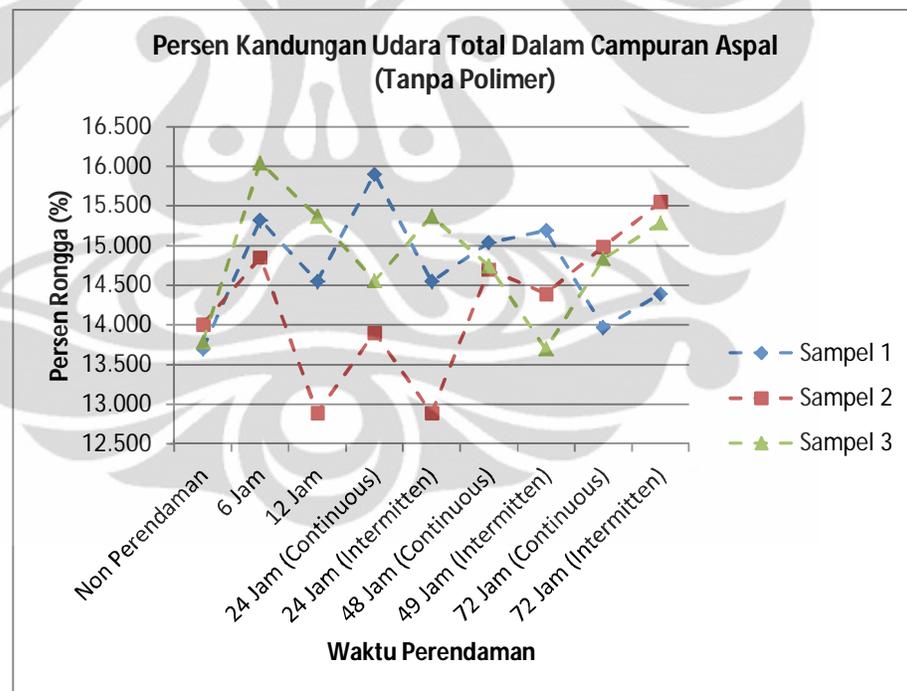
^(*) Nilai rata-rata dari masing-masing perhitungan rongga yang dipergunakan untuk perbandingan perhitungan rongga untuk campuran dengan perendaman melalui selisih dari masing-masing parameter yang dibandingkan.

Tabel 4.31 Perhitungan Kandungan Air Campuran Aspal Dengan Polimer Berdasarkan Persen Rongga Campuran

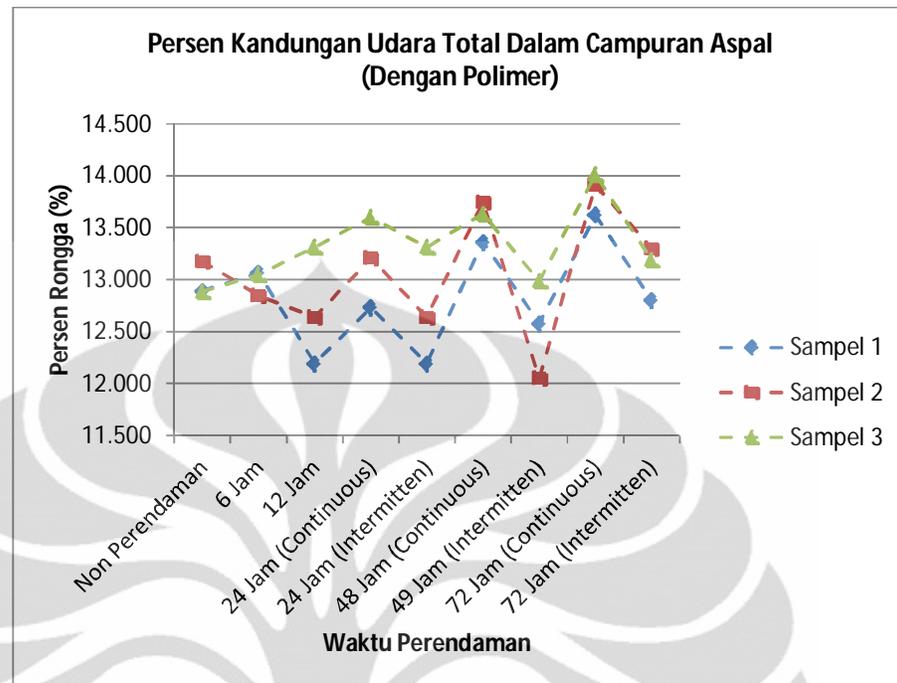
Jenis Rendaman	Void				Rata-Rata Void				Δ (%) Rata-Rata
	AV	VIM	VMA	VFA	AV	VIM	VMA	VFA	
6J.C1	0,08	0,09	0,08	-0,48					
6J.C2	-0,14	-0,15	-0,14	0,80	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,000
6J.C3	0,07	0,07	0,07	-0,39					
12J.C1	-0,79	-0,87	-0,79	4,93					
12J.C2	-0,35	-0,38	-0,35	2,07	0,27	0,30	0,27	1,70	0,000
12J.C3	-0,33	0,36	0,33	-1,89					
1H.C1	-0,25	-0,28	-0,25	1,51					
1H.C2	0,22	0,25	0,22	-1,30	0,20	0,22	0,20	-1,08	0,000
1H.C3	0,62	0,68	0,62	-3,46					
2H.C1	0,38	0,41	0,38	-2,16					
2H.C2	0,76	0,84	0,76	-4,23	0,60	0,65	0,59	-3,33	0,001
2H.C3	0,65	0,71	0,65	-3,62					
3H.C1	0,64	0,70	0,64	-3,58					
3H.C2	0,93	1,02	0,93	-5,08	0,86	0,95	0,86	-4,75	0,001
3H.C3	1,03	1,13	1,02	-5,58					
12J.I1	-0,79	-0,87	-0,79	4,93					
12J.I2	-0,35	-0,38	-0,35	2,07	0,27	0,30	0,27	1,70	0,000
12J.I3	-0,33	0,36	0,33	-1,89					
24J.I1	-0,41	-0,45	-0,41	2,45					
24J.I2	-0,93	-1,03	-0,93	5,87	0,45	0,49	0,45	2,77	0,001
24J.I3	0,00	0,00	0,00	-0,01					
36J.I1	-0,18	-0,20	-0,18	1,09					
36J.I2	0,31	0,35	0,32	-1,83	0,113	0,124	0,11	-0,64	0,000
36J.I3	0,204	0,23	0,20	-1,19					
Non Rendam ^(*)	12,99	4,34	13,13	66,97					

^(*) Nilai rata-rata dari masing-masing perhitungan rongga yang dipergunakan untuk perbandingan perhitungan rongga untuk campuran dengan perendaman melalui selisih dari masing-masing parameter yang dibandingkan.

Tabel 4.32 dan **Tabel 4.33** merupakan rincian perhitungan rongga yang terdapat dalam campuran, baik berdasarkan VIM, VMA, AV (total rongga udara dalam campuran), maupun VFA. VFA merupakan persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal (tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat). VFA diperoleh dengan menghitung selisih persen antara VIM dan VMA yang kemudian dibagi dengan nilai VMA. Nilai AV, VIM, dan VMA cenderung bernilai positif yang berarti bahwa persen rongga yang berkurang namun terisi oleh air karena proses perendaman sampel dalam air rob. Nilai VFA cenderung bernilai negatif dikarenakan air rob yang masuk ke dalam campuran aspal mempengaruhi sifat aspal dan agregat untuk saling berikatan sehingga memungkinkan air mengurangi kemampuan campuran aspal dalam menahan beban.

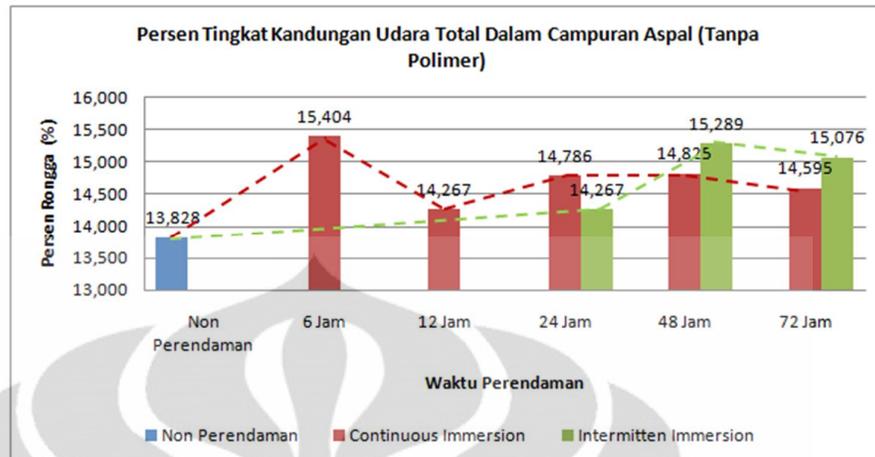


Gambar 4.9 Persen Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Tanpa Polimer

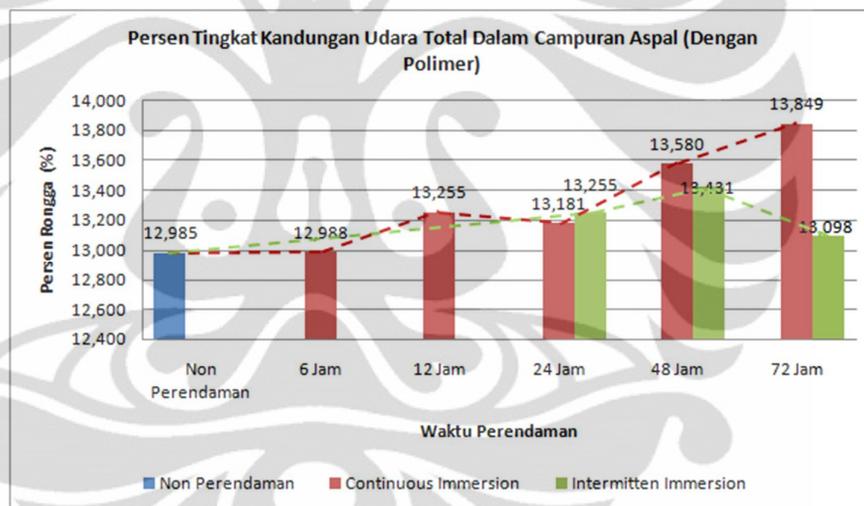


Gambar 4.10 Persen Total Kandungan Udara Dalam Campuran Aspal Modifikasi

Gambar 4.9 dan **Gambar 4.10** menunjukkan persen total kandungan udara dalam campuran aspal baik untuk campuran biasa (tanpa polimer) maupun campuran aspal modifikasi (dengan polimer). Total kandungan udara dalam campuran ini dihitung berdasarkan tinggi dan berat benda uji sebelum dan setelah perendaman dalam air rob selama waktu yang sudah ditentukan, dengan setiap jenis waktu perendaman terdapat 3 (tiga) sampel yang diuji. Perbandingan yang dilakukan untuk mengetahui besarnya perubahan akibat proses perendaman benda uji tertera pada **Gambar 4.11** untuk campuran aspal biasa dan **Gambar 4.12** untuk campuran aspal modifikasi. Deviasi total kandungan udara antara benda uji tanpa perendaman dengan benda uji yang direndam dalam air rob merupakan tingkat (*rate*) total kandungan udara yang terdapat dalam campuran aspal tersebut berdasarkan perbandingan waktu perendaman yang direncanakan.



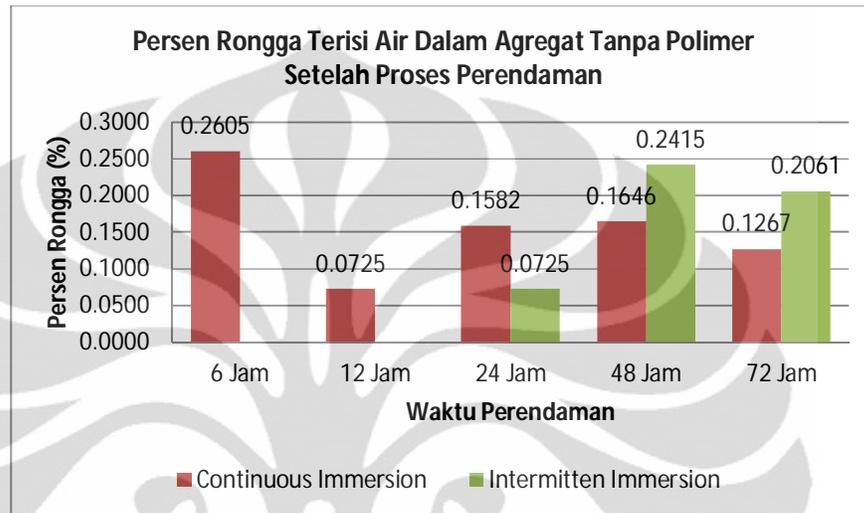
Gambar 4.11 Persen Tingkat Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Tanpa Polimer



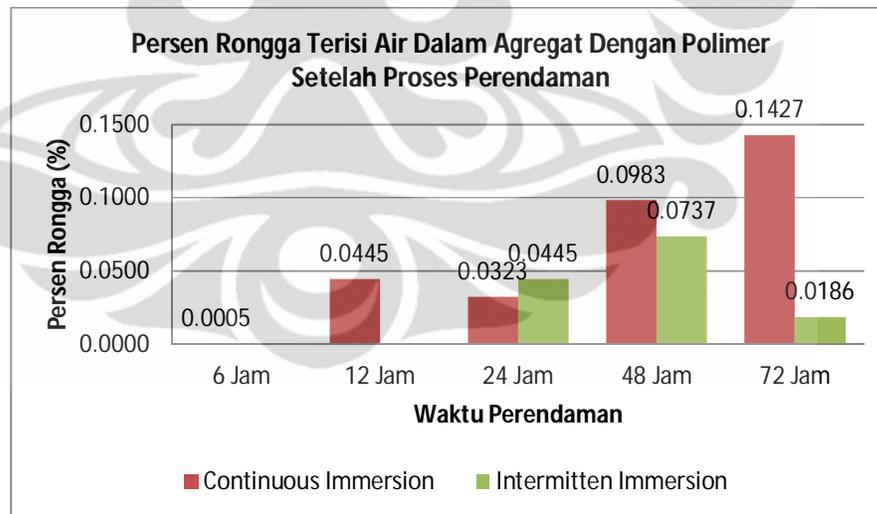
Gambar 4.12 Persen Tingkat Kandungan Udara Total Dalam Campuran Aspal Dengan Polimer

Tingkat perubahan kandungan rongga yang terdapat dalam campuran menunjukkan bahwa setelah terjadi proses perendaman selama waktu yang sudah ditentukan, persen rongga mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh masuknya air rob ke dalam rongga-rongga yang terdapat dalam campuran aspal. Persen besarnya rongga udara yang terisi oleh air rob akibat proses perendaman dihitung berdasarkan selisih antara total rongga udara yang terdapat dalam campuran (AV) dengan persen

rongga yang terisi oleh aspal (VMA). Perhitungan ini menunjukkan persen kadar air yang terdapat dalam campuran aspal berdasarkan total rongga yang ada dalam agregat (persen kadar air yang terserap dalam agregat).



Gambar 4.13 Persen Rongga Terisi Air Untuk Campuran Aspal Tanpa Polimer



Gambar 4.14 Persen Rongga Terisi Air Untuk Campuran Aspal Tanpa Polimer

Gambar 4.13 dan **Gambar 4.14** memperlihatkan bahwa air rob yang masuk dan mengisi rongga yang terdapat dalam agregat setelah proses perendaman memiliki ambang batas untuk mengisi rongga-rongga yang ada. Baik untuk campuran aspal tanpa polimer maupun campuran

Universitas Indonesia

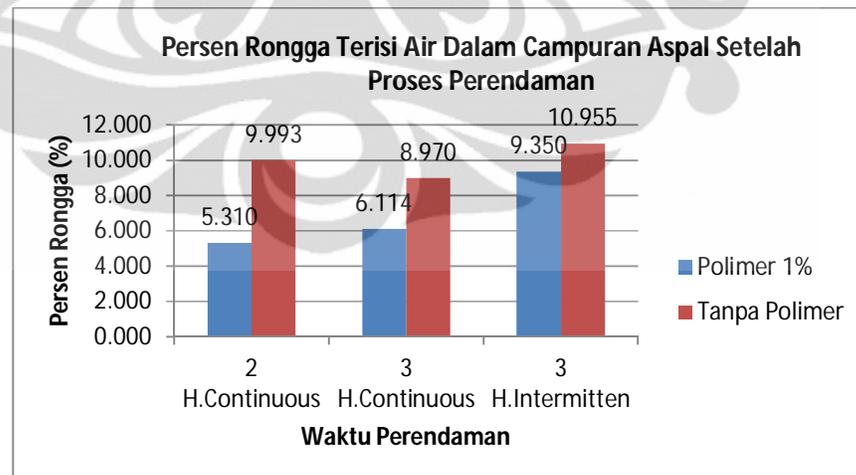
aspal dengan penambahan polimer 1% menunjukkan bahwa ambang batas air mampu mengisi rongga-rongga yang terdapat dalam agregat adalah pada perendaman selama 2 hari (baik *continuous* maupun *intermittent immersion*). Hal ini dikarenakan kondisi agregat pada waktu perendaman tersebut sudah mengalami kondisi jenuh air sehingga jika terus menerus direndam dalam air, air yang masuk ke dalam agregat hanya akan menyebabkan kerusakan pada agregat.

4.6.2 Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Volume Aspal Setelah Uji Ekstraksi

Volume aspal yang dipergunakan dalam perhitungan kandungan rongga udara ini merupakan volume aspal yang dihitung berdasarkan berat agregat setelah ekstraksi dan dibandingkan dengan berat campuran secara keseluruhan sebelum proses ekstraksi aspal dilakukan. Besarnya rongga udara yang dicantumkan pada **Tabel 4.34** merupakan persen rongga udara yang diperhitungkan berdasarkan tinggi dan berat benda uji sebelum dan setelah proses perendaman dilakukan. Persen air yang terdapat dalam campuran yang dihitung berdasarkan volume aspal ini merupakan total kandungan air rob yang mampu mengisi rongga udara yang terdapat pada campuran aspal (tidak termasuk rongga yang terdapat dalam agregat). Berdasarkan **Gambar 4.15** dapat ditarik kesimpulan bahwa air rob yang masuk ke dalam campuran masih mampu untuk mengisi ruang-ruang kosong yang ada dalam campuran aspal sehingga tidak terdapat adanya ambang batas kemampuan air mengisi rongga yang ada dalam campuran sehingga dimungkinkan untuk dilakukan perendaman dalam waktu yang lebih lama lagi dari yang direncanakan untuk melihat adanya ambang batas kemampuan air untuk mengisi ruang kosong dalam campuran seperti yang terlihat pada **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14**.

Tabel 4.34 Perhitungan Kandungan Air Dalam Campuran Aspal Berdasarkan Persen Volume Aspal Setelah Ekstraksi

Jenis Campuran	Jenis Rendaman	Δ Volume (%)	Rata-Rata Δ Volume (%)	Rata-Rata Void (%)	WC (%)
Polimer		11,31			
	3H.C	5,83	9,291	15,404	6,114
		10,73			
	2H.C	0,85	8,957	14,267	5,310
		13,27			
	3H.I	12,76	5,436	14,786	9,350
6,92					
Non Polimer	3H.C	4,09	5,855	14,825	8,970
		5,29			
	2H.C	4,09	4,602	14,595	9,993
		6,28			
	3H.I	7,19	3,312	14,267	10,955
		1,08			
		1,31			



Gambar 4.15 Persen Rongga Terisi air Dalam Campuran Aspal

4.6.3 Analisa Kandungan Rongga Udara Berdasarkan Koefisien Permeabilitas

Dikarenakan kurang tidak tersedianya alat untuk uji permeabilitas yang lengkap untuk mengetahui sifat porositas campuran yang dibuat dalam mengalirkan air/fluida, dipergunakan perhitungan dengan menggunakan rumus model Westerman (1998) seperti yang terdapat pada **Persamaan (6)**. Pemilihan model Westerman ini berdasarkan pertimbangan dari ketersediaan data yang sudah diperoleh untuk menentukan koefisien permeabilitas campuran aspal. Dalam menentukan sifat porositas campuran, model Westerman hanya mempergunakan data tebal/tinggi benda uji dan total kandungan rongga udara yang terdapat dalam campuran yang diperoleh dengan menggunakan berat benda uji yang akan dihitung sifat porositasnya. Tebal/tinggi benda uji dan total kandungan udara ini kemudian dikalikan dengan koefisien yang sudah ditetapkan sehingga bisa diperoleh koefisien permeabilitas dari campuran aspal tersebut.

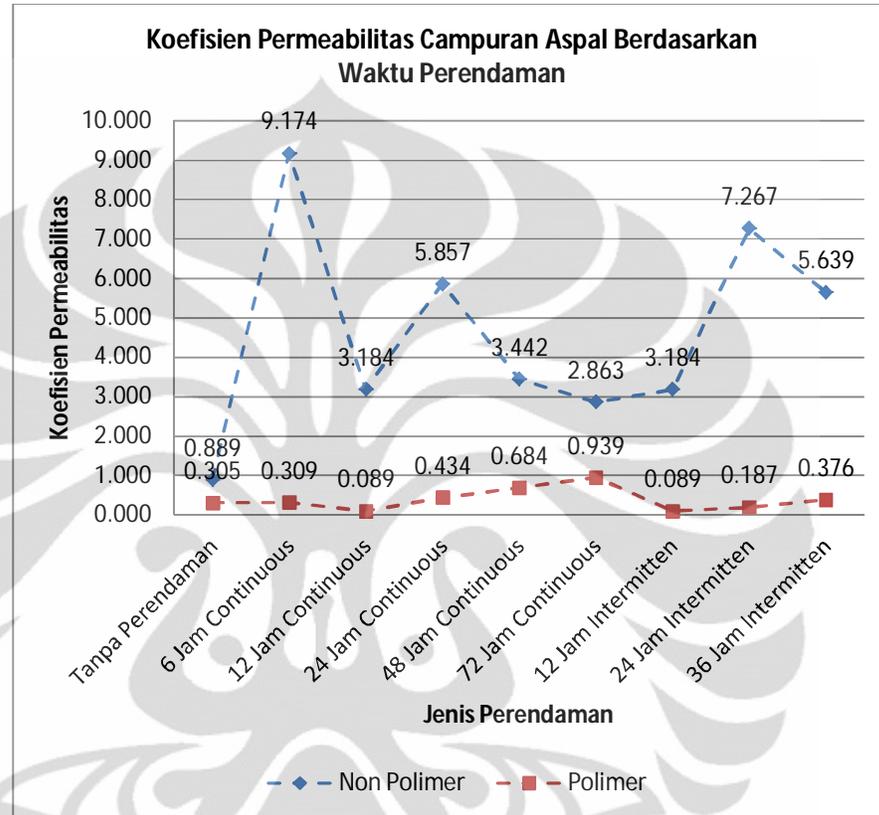
Mengutip dari jurnal penelitian yang ditulis oleh P.J. Vardanega, A.M. ASCE, dan T.J. Waters dalam penelitiannya yang berjudul *Analysis of Asphalt Concrete Permeability Data Using Representative Pore Size* memberitahukan bahwa nilai/koefisien permeabilitas campuran aspal yang berkisar antara 1 – 10 (kategori E) merupakan campuran aspal yang bebas mengalirkan air, nilai/koefisien permeabilitas antara 10^{-1} – 1 (kategori D) merupakan campuran yang mempunyai kemampuan air yang bersifat menengah (untuk perkerasan dengan lalu lintas yang tidak terlalu padat), dan untuk koefisien permeabilitas antara 10^{-2} – 10^{-1} merupakan campuran aspal yang bersifat permeabel yang cocok untuk jalan dengan lalu lintas padat. Selanjutnya Diana (1995) mengutip dari *Fukuda Road Construction* bahwa nilai permeabilitas untuk campuran dengan rongga 15% - 25% adalah sekitar 0,0575 cm/detik sampai dengan 0,2493 cm/detik.

Tabel 4.35 Koefisien Permeabilitas Campuran Aspal

Jenis Rendaman	Air Void (%)		Tinggi Sampel (cm)		k (cm/detik)		k rata-rata (cm/detik)	
	Non Polimer	Polimer	Non Polimer	Polimer	Non Polimer	Polimer	Non Polimer	Polimer
6J.C1	15,321	13,065	6,603	6,340	6,487	0,339		
6J.C2	14,850	12,849	6,510	6,343	3,570	0,252	9,174	0,309
6J.C3	16,042	13,050	6,593	6,313	17,465	0,336		
12J.C1	14,547	12,194	6,513	6,333	2,355	0,103		
12J.C2	12,886	12,269	6,817	6,267	0,210	0,118	3,184	0,089
12J.C3	15,368	11,594	6,583	6,340	6,988	0,045		
1H.C1	15,899	12,732	6,610	6,473	14,239	0,201		
1H.C2	13,904	13,209	6,500	6,353	0,985	0,410	5,857	0,434
1H.C3	14,555	13,602	6,543	6,387	2,348	0,690		
2H.C1	15,035	13,362	6,563	6,450	4,477	0,482		
2H.C2	14,697	13,747	6,500	6,350	2,910	0,856	3,442	0,684
2H.C3	14,742	13,632	6,607	6,397	2,939	0,715		
3H.C1	13,967	13,625	6,460	6,407	1,095	0,705		
3H.C2	14,985	13,912	6,560	6,467	4,189	1,012	2,863	0,939
3H.C3	14,833	14,010	6,620	6,570	3,304	1,100		
12J.I1	14,547	12,194	6,513	6,333	2,355	0,103		
12J.I2	12,886	12,269	6,817	6,267	0,210	0,118	3,184	0,089
12J.I3	15,368	11,594	6,583	6,340	6,988	0,045		
24J.I1	15,186	12,578	6,637	6,377	5,305	0,171		
24J.I2	14,816	12,053	6,490	6,297	3,442	0,087	7,267	0,187
24J.I3	15,867	12,986	6,697	6,353	13,054	0,302		
36J.I1	14,393	12,801	6,557	6,370	1,869	0,233		
36J.I2	15,549	13,303	6,590	6,393	8,914	0,457	5,639	0,376
36J.I3	15,285	13,189	6,617	6,160	6,133	0,439		
Non Rendam 1	13,696	12,891	6,540	6,327	0,727	0,269		
Non Rendam 2	14,004	13,179	6,513	6,450	1,123	0,375	0,889	0,305
Non Rendam 3	13,785	12,886	6,547	6,300	0,819	0,271		

Tabel 4.33 menunjukkan bahwa koefisien permeabilitas campuran tanpa menggunakan polimer cenderung berkisar antara 1 – 10 (kategori E), kecuali untuk campuran tanpa perendaman. Hal ini mengartikan bahwa campuran aspal tersebut bebas mengalirkan air. Untuk campuran aspal dengan menggunakan tambahan polimer sebanyak 1%, nilai/koefisien permeabilitas cenderung berada pada kisaran antara

$10^{-2} - 1$ artinya campuran aspal dengan penambahan polimer ini memiliki sifat permeabilitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan campuran aspal tanpa polimer.



Gambar 4.16 Koefisien Permeabilitas Campuran Aspal Berdasarkan Waktu Perendaman

Koefisien permeabilitas campuran yang terdapat pada **Gambar 4.16** merupakan koefisien permeabilitas untuk campuran aspal dalam kondisi yang sudah dipengaruhi oleh air rob sehingga cenderung memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi. Koefisien permeabilitas yang dipergunakan untuk perencanaan perkerasan jalan sebaiknya mempergunakan perbandingan campuran yang belum dipengaruhi/terganggu oleh air rob atau campuran aspal tanpa perendaman. **Gambar 4.16** menunjukkan bahwa campuran aspal tanpa perendaman baik untuk campuran aspal biasa maupun campuran aspal modifikasi memiliki koefisien permeabilitas masing-masing sebesar

0,889 dan 0,305 atau merupakan kategori D yang berarti bahwa campuran ini memiliki sifat permeabilitas menengah (*moderate*) yang sebaiknya dipergunakan hanya untuk perkerasan jalan dengan volume lalu lintas yang tidak terlalu tinggi. Campuran aspal modifikasi memiliki nilai permeabilitas yang lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa, dengan selisih sebesar 0,584.

Koefisien permeabilitas campuran menunjukkan kemampuan aspal dalam mengalirkan air. Jika dipergunakan untuk perkerasan jalan, campuran aspal yang memiliki koefisien permeabilitas tinggi akan berdampak pada terjadinya kerusakan pada lapisan di bawahnya dan mengakibatkan resiko kerusakan yang lebih besar pada perkerasan jalan tersebut dikarenakan air mampu menembus lapisan perkerasan dengan cepat akibat sifat porositas yang besar. Campuran aspal sebaiknya memiliki nilai permeabilitas yang cenderung rendah agar jika terjadi terdapat air atau terdapat genangan air di atasnya, air akan masuk dalam campuran dalam waktu yang lebih lama sehingga memperkecil kemungkinan untuk sampai pada lapisan *sub course* dan hal terburuk yang akan terjadi akibat air tersebut adalah kerusakan pada permukaan jalan saja.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai pengaruh air rob terhadap sifat bahan dasar pembentuk campuran aspal beton ini adalah sebagai berikut:

1. Polimer mampu meningkatkan sifat aspal dalam tingkat kekerasan dan kepekaan terhadap suhu, ditunjukkan dengan titik lembek aspal polimer yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan aspal minyak.
2. Semakin banyak kadar polimer yang ditambahkan ke dalam aspal, maka semakin tinggi pula titik lembek aspal polimer tersebut, namun berbanding terbalik dengan penetrasi aspal polimer yang semakin menurun dengan semakin ditambahnya kadar polimer dalam aspal.
3. Aspal polimer terbukti mampu meningkatkan stabilitas campuran aspal dengan koefisien korelasi sebesar 71,2%, jika dibandingkan dengan aspal minyak dengan koefisien korelasi hanya sebesar 16,7%.
4. Hubungan yang terjadi antara waktu perendaman dengan stabilitas dan *Marshall Quotient* (MQ) adalah saling berbanding terbalik diperlihatkan dengan koefisien korelasi yang bernilai negatif, artinya semakin lama campuran aspal direndam dalam air rob maka stabilitas dan MQ campuran aspal tersebut akan semakin kecil. Sedangkan hubungan antara waktu perendaman dengan VIM dan VMA adalah berbanding lurus, artinya semakin lama campuran aspal direndam dalam air rob maka VIM dan VMA akan semakin besar akibat masuknya air rob ke dalam campuran dan mengisi rongga-rongga tersebut, dibuktikan dengan koefisien korelasi yang bernilai positif.
5. Aspal polimer mampu mengurangi besarnya kandungan rongga udara dalam campuran aspal karena sifat bahan tambahan pada polimer yang tidak bisa

diserap oleh agregat sehingga aspal lebih kuat melekat pada permukaan agregat. Diperlihatkan dengan nilai VIM dan VMA campuran aspal polimer yang lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa.

6. Berat jenis (*bulk*) dan porositas agregat secara tidak langsung mempengaruhi banyaknya air yang akan masuk ke dalam campuran karena kemampuan agregat tersebut dalam menyerap cairan, baik aspal maupun air.

5.2 Saran

Dari penelitian mengenai pengaruh air rob terhadap sifat bahan dasar pembentuk campuran aspal beton terdapat beberapa saran yang bisa dikemukakan sebagai berikut:

1. Pencampuran aspal dan polimer perlu memperhatikan kecepatan putaran alat pencampur (*mixer*), temperatur dan durasi pencampuran.
2. Mempergunakan aspal penetrasi tinggi seperti penetrasi 80/100 agar sifat aspal modifikasi aspal bisa memenuhi spesifikasi aspal modifikasi yang ditetapkan oleh standar Bina Marga.
3. Perlu pemilihan cairan ekstraksi yang tepat untuk pengujian ekstraksi pada campuran aspal baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Federal Highway Administration. 1980. *Highway Subdrainage Design*. Federal Highway Administration : Washington D. C.
- G. D. Airey. 2004. Styrene Butadiene Styrene Polymer Modification of Road Bitumens. *Journal of Materials Science In Civil Engineering ASCE*, diakses : Desember 2010
- Gracia Holly Collins. 2006. An Evaluation of an Alternative Solvent for Extraction of Asphalt to Reduce Health and Environmental Hazards. *Journal of Materials Science In Civil Engineering ASCE*, diakses : Juni 2011
- J.S. Chen, M.C. Liao, and H.H. Tsai. 2002. Evaluation and Optimization of the Engineering Properties of Polymer-Modified Asphalt. *Journal From National Cheng Kung University* : Taiwan
- Laboratorium Struktur dan Material FTUI. 2009. *Pedoman Praktikum Pemeriksaan Bahan Perkerasan Jalan*. Penerbit UI Press : Depok
- Martina, Nunung ; Agah, HR. 2007. Penelitian Morfologis Aspal Emulsi sebagai Masukan untuk Peningkatan Mutu Bahan Prasarana Jalan. *Prosiding Symposium X FSTPT Universitas Tarumanegara* : Jakarta
- Martina, Nunung ; Agah, HR. 2010. Penggunaan Asbuton Modifikasi Pada Perkerasan Lentur Jalan Untuk Lapisan Permukaan. *Makalah No. 47 Konferensi Regional Teknik Jalan ke-11 Wilayah Timur (KRTJ-11 Wiltim)* : Bali
- Napitupulu, Fernando. 2009. Karakteristik Campuran Aspal Beton Dalam Kondisi Terendam Air Hujan dan Beban Statis dengan Variasi Waktu Perendaman. *Skripsi Universitas Indonesia* : Depok
- Oglesby, Clarkson H. dan R. Gary Hicks. 1982. *Highway Engineering*. Ed. ke-4. John-Wiley & Sons : Toronto
- P.M. Vardanega, A.M. ASCE, and T.J Waters. Analysis of Asphalt Concrete Permeability Data Using Representative Pore Size. *Journal Of Materials In Civil Engineering ASCE*, diakses : Februari 2011

- Prabowo, Agung Hari. 2003. Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Lataston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi. *Jurnal Penelitian Alumnus S2 MTS UNDIP* : Yogyakarta
- R. Anwar, Yamin; Hariyadi, Eri Susanto. 2010. Pengaruh Faktor Aging Pada Kinerja Campuran Beraspal. *Makalah No. 41 Konferensi Regional Teknik Jalan ke-11 Wilayah Timur (KRTJ-11 Wiltim)* : Bali
- S. S. Awanti; M. S. Amarnath; and A. Veeraragavan. Laboratory Evaluation of SBS Modified Bituminous Paving Mix. *Journal Of Materials In Civil Engineering ASCE*, diakses : April 2008
- Salman al Farisi, Adrian. 2009. Karakteristik Campuran Aspal Akibat Pengaruh Derajat Keasaman Air dengan Beban Status Repetisi. *Skripsi Universitas Indonesia* : Depok
- Sarwono, Djoko ; Wardhani, Astuti Koos. 2007. Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt, *Laporan Penelitian Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil* : Surakarta
- Silverson High Shear Mixers/Emulsifiers. 2000. Application Report Production of Polymer Modified Bitumen for Road Surfacing. *Silverson Machines Ltd* : England
- TxDOT Designation Tex-533-C. 1999. Test Procedure for Determining Polymer Additive Percentage In Polymer Modified Asphalt Cements. *Texas Department of Transportation* : Texas
- Wardhana, Hendra. 2009. Perbandingan Kinerja Laboratorium Campuran AC-WC yang Menggunakan Aspal Minyak Pen 60/70 dan Aspal Polimer. *Tesis Institut Teknologi Bandung* : Bandung

LAMPIRAN A
PENGUJIAN MATERIAL



PEMERIKSAAN ASPAL

Pemeriksaan Penetrasi Aspal

(PA-0301-76, AASHTO T-49-80, ASTM D-5-97)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, dengan beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu.

Prosedur :

I. Untuk Benda Uji Sebelum Kehilangan Berat

- a. Letakkan benda uji ke dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang telah ditetapkan. Diamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.
- b. Periksa pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan *Toluene* atau pelarut lain kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasanglah jarum pada pemegang jarum.
- c. Letakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gram.
- d. Pindahkan tempat air dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
- e. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya.
- f. Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan *stopwatch* selama jangka waktu $(5 \pm 0,1)$ detik.
- g. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk. Bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.
- h. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
- i. Lakukan pekerjaan a sampai g di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lainnya dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

II. Untuk Benda Uji Setelah Kehilangan Berat

- a. Lakukan pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal sesuai dengan tata cara PA-0304-76 standar Bina Marga.
- b. Lakukan langkah-langkah seperti pada pemeriksaan sebelum kehilangan berat (langkah I)

Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

(PA-0302-76, AASHTO T-53-81, ASTM D-36-95)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C hingga 200°C. Prosedur :

- a. Pasang dan aturlah kedua benda uji diatas dudukannya dan letakkan pengarah bola diatasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas. Isilah bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm. Letakkan termometer yang sesuai pekerjaan ini diantara kedua benda uji ($\pm 12,7$ mm dari tiap cincin).
- b. Letakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C di atas dan di tengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan bantuan pengarah bola.
- c. Panaskan bejana dengan kecepatan pemanasan 5°C per menit. Kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 (tiga) menit berikutnya perbedaan kecepatan pemanasan per menit tidak boleh melebihi $0,5^\circ\text{C}$.

Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

(PA-0303-76, AASHTO T-48-81, ASTM D-92-02)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala open cup kurang dari 79°C . Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di permukaan aspal. Titik bakar

adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Prosedur :

- a. Meletakkan cawan di atas pelat pemanas dan mengatur sumber pemanas sehingga terletak di bawah titik tengah cawan.
- b. Meletakkan nyala penguji dengan poros jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
- c. Menempatkan termometer tegak lurus di dalam benda uji dengan jarak 6,4 mm di atas dasar cawan dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala penguji. Kemudian mengatur sehingga poros termometer terletak pada $\frac{1}{4}$ diameter cawan tepi.
- d. Menempatkan penahan angin di depan nyala penguji.
- e. Menyalakan sumber pemanas dan mengatur pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai suhu 56°C di bawah titik nyala perkiraan.
- f. Kemudian mengatur kecepatan pemanasan 5°C per menit sampai 28°C di bawah titik nyala perkiraan.
- g. Menyalakan nyala penguji dan mengatur agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
- h. Memutar nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Dan mengulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C .
- i. Melanjutkan pekerjaan f dan h sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan benda uji. Kemudian membaca suhu pada termometer dan catat.
- j. Melanjutkan pekerjaan i sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji (aspal), kemudian membaca suhu pada termometer dan catat.

Pemeriksaan Penurunan Berat Minyak dan Aspal

(PA-0304-76, AASHTO T-47-82, ASTM D-6-95)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat semula. Prosedur :

- a. Letakkan benda uji di atas pinggan setelah oven mencapai suhu $(163 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.
- b. Pasanglah termometer padaudukannya sehingga terletak pada jarak 1,9 cm dari pinggir pinggan dengan ujung 6 mm di atas pinggan.
- c. Ambillah benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam lebih 15 menit.
- d. Dinginkan benda uji pada suhu ruang, kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram.

Pemeriksaan Kelarutan Bitumen

(PA-0305-76, AASHTO T-44-81, ASTM D-2042-97)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam Karbon Tetra Klorida (CCl_4). Prosedur :

- a. Menimbang gelas ukur.
- b. Memasukkan benda uji kedalam gelas ukur, kemudian ditimbang.
- c. Menimbang kertas penyaring yang akan digunakan.
- d. Memasukkan cairan karbon tetra klorida (CCl_4) kedalam gelas ukur, dan diaduk perlahan-lahan hingga benda uji larut.
- e. Larutan bitumen tersebut dituangkan kedalam erlemeyer melalui corong yang diatasnya diletakkan kertas penyaring.
- f. Keringkan kertas penyaring, kemudian ditimbang.

Pemeriksaan Daktilitas Bahan-Bahan Bitumen

(PA-0306-76, AASHTO T-51-81, ASTM D-113-79)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Prosedur :

- a. Mendinginkan benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian melepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakannya.
- b. Memasang benda uji pada alat mesin uji dan menarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan. Membaca jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda

selalu terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari air dan suhu dipertahankan tetap $(25 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$.

Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen

(PA-0307-76, AASHTO T-228-79, ASTM D-70-03)

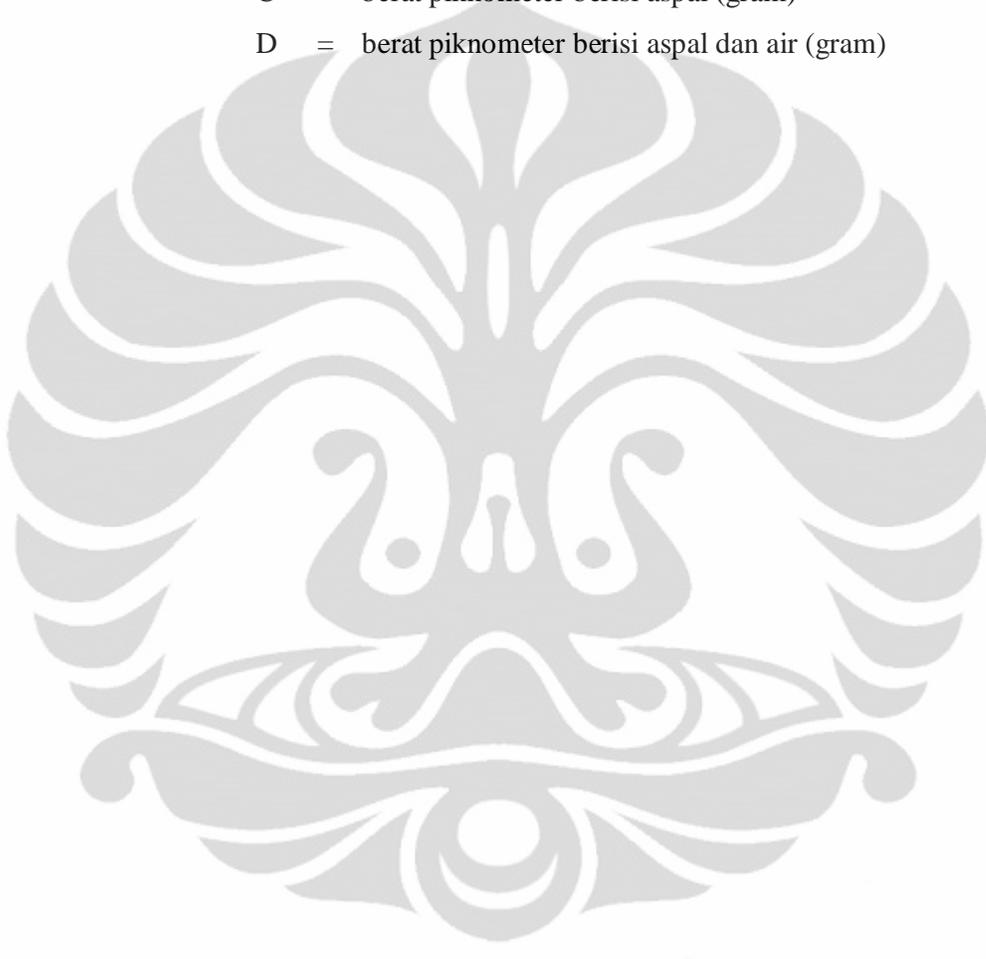
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertentu. Prosedur :

- a. Isilah bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam setinggi 40 mm. Kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm. Aturilah suhu bak perendam pada suhu 25°C .
- b. Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
- c. Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
- d. Letakkan piknometer ke dalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Diamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurangkurangnya 30 menit, kemudian angkatlah piknometer dan keringkan dengan lap (kain pel). Timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg (B).
- e. Tuanglah benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
- f. Biarkan piknometer sampai dingin, waktu tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).
- g. Isilah piknometer yang berisi benda uji dengan air dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
- h. Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat.
- i. Masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya menit. Angkat, keringkan dan timbanglah piknometer (D).

Perhitungan berat jenis dengan rumus :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Dimana : A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)
B = berat piknometer berisi air (gram)
C = berat piknometer berisi aspal (gram)
D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)



PEMERIKSAAN AGREGAT

Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

(PB-0201-76, AASHTO T-27-82, ASTM D-136-04)

Tujuan : Menentukan distribusi ukuran butiran (gradasi) agregat halus dan kasar. Prosedur :

- Mengeringkan benda uji di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Menyaring benda uji dengan saringan yang telah disusun dengan ukuran terbesar berada di atas menggunakan mesin penggetar.

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

(PB-0202-76, AASHTO T-85-81, ASTM D-127-04)

Tujuan : Menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus. Prosedur :

- Mencuci benda uji supaya terbebas dari debu dan kotoran
- Mengeringkan benda uji di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 – 3 jam, kemudian menimbanginya (B_k).
- Merendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam
- Mengeluarkan dan lalu mengelapnya dengan kain hingga kering permukaan (*SSD*), lalu menimbanginya (B_j).
- Meletakkan benda uji dalam keranjang, lalu menghilangkan gelembung udara dengan cara mengguncangkannya, dan mengukur beratnya dalam air (B_a).

Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Curah (bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (apparent specific gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Persentasi Absorpsi} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Dimana : B_k = berat benda uji *oven dry* (gram)

B_j = berat benda uji SSD (gram)

B_a = berat benda uji SSD di dalam air (gram)

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

(PB-0203-76, AASHTO T-84-81, ASTM D-128-04)

Tujuan : Menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus. Prosedur :

- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Membuang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- c. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh, akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, memasukan 500 gram benda uji ke dalam piknometer. Juga memasukan air suling sampai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
- e. Merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
- f. Menambahkan air sampai tanda batas.
- g. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).

- h. Mengeluarkan benda uji, mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- i. Menimbang benda uji setelah dingin (B_k).
- j. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuain terhadap suhu standar 25°C (B).

Perhitungan :

$$\text{Berat Jenis Curah (bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (apparent specific gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Persentasi Absorpsi} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Dimana :

- B_k = berat benda uji oven dry (gram)
- B = berat piknometer berisi air (gram)
- B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
- 500 = berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)

Abrasi

(ASTM C131-03, SNI 03-2417-1991)

Tujuan : Menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen. Prosedur :

- a. Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles
- b. Memutar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A, B, C, dan D ; 1000 putaran untuk gradasi E, F, dan G.
- c. Setelah selesai pemutaran, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian disaring dengan saringan No. 12. Butiran yang tertahan datanya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

Ukuran Saringan		Berat Dengan Gradasi Benda Uji (gram)						
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D	E	F	G
76,2	63,5	-	-	-	-	2500	-	-
63,5	50,8	-	-	-	-	2500	-	-
50,8	38,1	-	-	-	-	5000	5000	-
38,1	25,4	1250	-	-	-	-	5000	5000
25,4	19,0	1250	-	-	-	-	-	5000
19,0	12,7	1250	2500	-	-	-	-	-
12,7	9,51	1250	2500	-	-	-	-	-
9,51	6,35	-	-	2500	-	-	-	-
6,35	4,75	-	-	2500	-	-	-	-
4,75	2,36	-	-	-	5000	-	-	-
Jumlah Bola		12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola (gram)		5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25

Tabel Berat Untuk Setiap Gradasi Benda Uji

Perhitungan untuk menentukan keausan agregat yaitu :

$$Keausan = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dimana : a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

PENGUJIAN MARSHALL

(PC-0201 - 1976, AASHTO T-245-82, ASTM D-1559-76)

I. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Tiga buah cetakan benda uji yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- b. Alat pengeluar benda uji. Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *ejector*.
- c. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 pound), dan tinggi jauh lebih bebas 45,7 cm (18").
- d. Landasan pemadat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis) berukuran kira-kira 20 x 20 x 45 cm (8" x 8" x 18") yang dilapisi dengan pelat baja berukuran 30 x 30 x 2,5 cm (12" x 12" x 1") dan kaitkan pada lantai beton dengan 4 bagian siku.
- e. Silinder cetakan benda uji.
- f. Mesin tekan lengkap dengan :
 - Kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
 - Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
- g. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.
- h. Bak perendam (*waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C .
- i. Perlengkapan lain seperti :
 - Panci-panci untuk memanaskan agregat aspal dan campuran aspal.
 - Pengukur suhu dari logam (metal thermometer) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1 % dari kapasitas.

- Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
- Kompor
- Sarung asbes dan karet
- Sendok pengaduk dan perlengkapan lain

II. Bahan

a. Persiapan benda uji :

- Keringkan agregat, sampai beratnya tetap pada suhu $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Pisah-pisahkan agregat dengan cara penyaringan kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki atau seperti berikut ini :
 - ✓ 1” sampai $\frac{3}{4}$ ”
 - ✓ $\frac{3}{4}$ ” sampai $\frac{3}{8}$ ”
 - ✓ $\frac{3}{8}$ ” sampai No. 04 (4,76 mm)
 - ✓ No. 04 sampai No. 08 (2,38 mm)
 - ✓ Lolos saringan No. 08

b. Penentuan suhu pencampuran dan pemadatan

Suhu pencampuran dan pemadatan harus ditentukan sehingga bahan pengikat yang dipakai menghasilkan viskositas seperti di bawah ini :

Bahan Pengikat	Campuran			Pemadatan		
	Kinematik	<i>Saybolt Furol</i>	<i>Engler</i>	Kinematik	<i>Saybolt Furol</i>	<i>Engler</i>
	C. St	Det S. F.		C. St	Det S. F.	
Aspal Panas	170 ± 20	85 ± 10		280 ± 30	140 ± 15	
Aspal Dingin	170 ± 20	85 ± 10		280 ± 30	140 ± 15	
Tar			25 ± 3			40 ± 5

Tabel Viskositas Penentu Suhu

c. Persiapan pencampuran

- Untuk tiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1000 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $6,25 \pm 0,125$ cm ($2,5'' \pm 0,05''$).
- Panaskan panci pencampur beserta agregat kira-kira $\pm 28^{\circ}\text{C}$ diatas suhu pencampur untuk aspal panas dan tar dan aduk sampai merata, untuk aspal dingin pemanasan sampai 14°C diatas suhu pencampuran.
- Sementara itu panaskan aspal sampai suhu pencampuran. Tuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut. Kemudian aduklah dengan cepat pada suhu sesuai dengan tabel sampai agregat terlapis merata.

d. Pemadatan benda uji

- Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $93,3^{\circ}\text{C}$ dan $148,9^{\circ}\text{C}$.
- Letakkan selembat kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan kedalam dasar cetakan, kemudian masukkan seluruh campuran kedalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran keras-keras dengan spatula yang dipanaskan atau aduklah dengan sendok semen 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian dalam.
- Lepaskan lehernya, dan ratakanlah permukaan campuran dengan mempergunakan sendok semen menjadi bentuk yang sedikit cembung. Waktu akan dipadatkan suhu campuran harus dalam batas-batas suhu pemadatan.
- Letakkan cetakan diatas landasan pematat, dalam pemegang cetakan. Lakukan dengan tinggi jatuh 45 cm ($18''$), selama pemadatan tahanlah agar sumbu palu pematat selalu tegak lurus pada cetakan. Lepaskan keeping alas dan lehernya baliklah alat cetak berisi benda uji dan pasang kembali lehernya dibalik ini tumbuklah dengan jumlah tumbukan yang sama.

- Sesudah pemadatan, lepaskan keeping alas dan pasanglah alat pengeluar benda uji pada permukaan ujung ini.
- Dengan hati-hati keluarkan dan letakkan benda uji diatas permukaan rata yang halus, biarkan selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

III. Prosedur Pengetesan Alat *Marshall*

Prosedur yang dilakukan pada percobaan ini adalah :

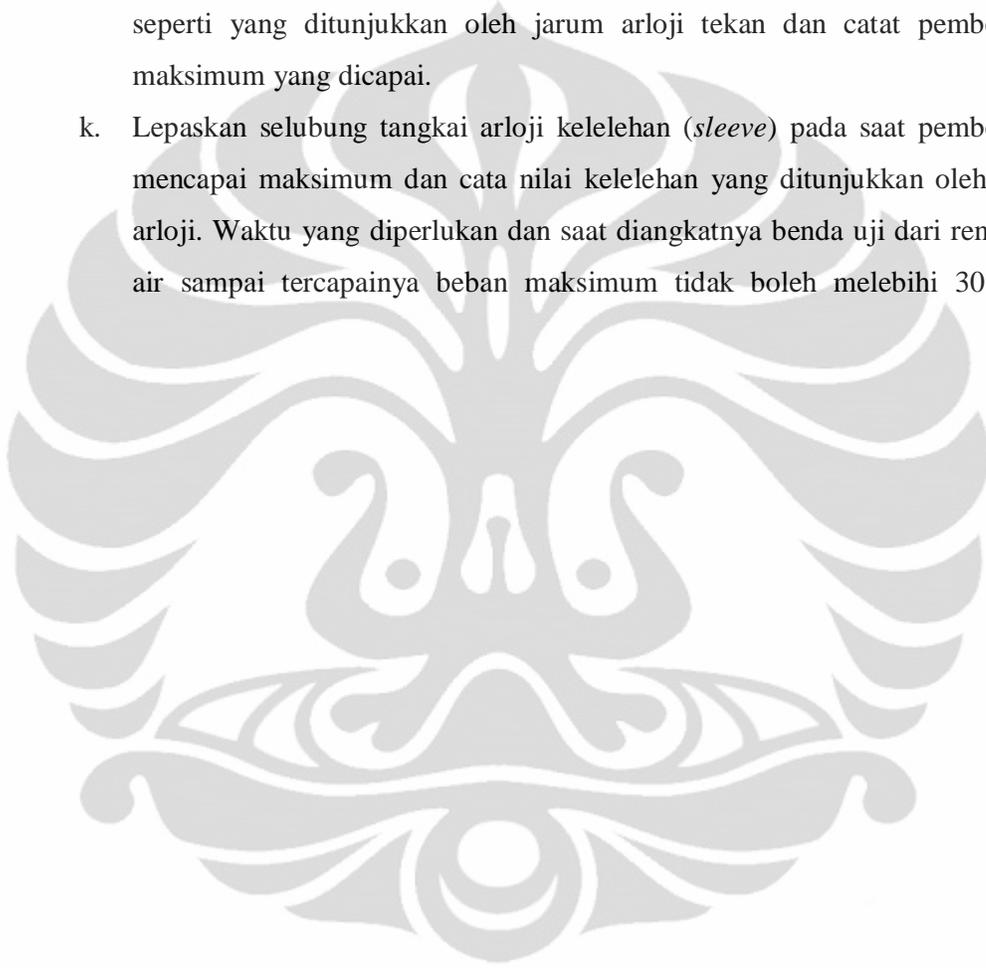
- Bersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
- Berilah tanda pengenal pada masing-masing benda uji.
- Ukur benda uji dengan ketelitian 0,1 mm.
- Timbang benda uji.
- Rendam kira-kira 24 jam pada suhu ruang.
- Timbang dalam air untuk mendapatkan isi.
- Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
- Rendam benda uji dalam kondisi aspal panas dalam bak perendam selama 30 sampai 40 menit atau panaskan didalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji aspal panas dan $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji tar.

Untuk benda uji aspal dingin masukkan benda uji kedalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$. Sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*test heads*). Lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C .

Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven pemanas udara dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan. Pasang segmen atas diatas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.

Pasang arloji kelelehan (*flow meter*) pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Tekan selubung tangkai arloji selama pembebanan berlangsung.

- i. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
- j. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurut seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum yang dicapai.
- k. Lepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada saat pembebanan mencapai maksimum dan catat nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Waktu yang diperlukan dan saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.





LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	70	70	71	72	73	71,2
BENDA UJI II	68	69	70	72	72	70,2

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	52	52	53	53	54	52,8
BENDA UJI II	52	53	53	54	56	53,6

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA = 0,2475

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 16 & 18 Februari 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	31	32	35	33	34	33
BENDA UJI II	32	34	35	36	37	34,8

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 15 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	30	30	34	32	33	31,8
BENDA UJI II	31	31	31	32	34	31,8

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 17 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Saptas Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	31	32	31	31	34	31,8
BENDA UJI II	29	29	29	28	30	29

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 30 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	27	26	27	27	29	27,2
BENDA UJI II	19	24	29	26	22	24

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 30 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	45	45	47	47	48	46,4
BENDA UJI II	49	47	47	49	48	48

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 01 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	41	44	45	43	44	43,4
BENDA UJI II	42	41	43	42	40	41,6

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 15 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	31	34	20	28	29	28,4
BENDA UJI II	30	29	30	27	29	29

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 30 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	42	42	43	45	45	43,4
BENDA UJI II	41	41	42	45	45	42,8

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 3%)

Pengirim : PT. Widya Saptas Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	37	37	36	36	34	36
BENDA UJI II	36	36	34	36	34	35,2

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Ditetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 4%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	23	24	23	24	21	23
BENDA UJI II	23	23	25	26	21	23,6

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 17 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 4%)

Pengirim : PT. Widya Saptas Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	38	36	38	36	35	36,6
BENDA UJI II	36	34	36	33	33	34,4

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Ditetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 5%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	36	36	34	34	34	34,8
BENDA UJI II	34	34	31	31	35	33

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 6%)

Pengirim : PT. Widya Saptas Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	21	11	20	13	24	17,8
BENDA UJI II	19	10	12	12	13	13,2

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 17 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 6%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	34	34	34	33	33	33,6
3BENDA UJI II	34	34	35	35	38	35,2

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 05 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 7%)

Pengirim : PT. Widya Saptas Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

JENIS PEMERIKSAAN

- I. PENETRASI PADA 25°C, 5 detik, 100 gram
- II. PENETRASI SETELAH KEHILANGAN BERAT PADA 25°C, 5 detik, 100 gram

PERCOBAAN I	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I	35	35	36	35	36	35,4
BENDA UJI II	35	35	33	33	35	34,2

PERCOBAAN II	1	2	3	4	5	Rata-rata (mm)
BENDA UJI I						
BENDA UJI II						

PERSENTASE DARI PENETRASI SEBELUMNYA =

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 05 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBЕК ASPAL

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

I. 49 °C

II. 50 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBЕК (*RING & BALL*) RATA-RATA : 49,5 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 14 Februari 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

I. 56,5 °C

II. 58 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 57,25 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 15 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 52 °C
- II. 52,5 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 52,25 °C

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 01 April 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 57 °C
- II. 58 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 57,5 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 15 Maret 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 55 °C
- II. 55 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 55 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 3%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 57 °C
- II. 57,5 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 57,25 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 4%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 62 °C
- II. 62,5 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 62,25 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 5%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 71 °C
- II. 76 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 73,5 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 04 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 6%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

I. 72,5 °C

II. 77 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 74,75 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 05 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL POLIMER (KADAR POLIMER 7%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Aspal Keras
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen
Lokasi : Lab. Struktur dan Material DTS 60/70
FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT BOLA MENYENTUH PELAT DASAR

- I. 80 °C
- II. 81 °C

TEMPERATUR TITIK LEMBEK (*RING & BALL*) RATA-RATA : 80,5 °C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Tanggal : 05 April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

320°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

380°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 16 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 1%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

300°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

310°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 15 Maret 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 1%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

60/70

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

286°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

304°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 01 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 2%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

310°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

320°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 15 Maret 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 2%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

60/70

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

284°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

308°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 3%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

60/70

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

280°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

300°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 4%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

60/70

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

281°C

TEMPERTUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

308°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 5%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

60/70

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

282°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

290°C

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 6%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

264°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

272°C

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 06 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL (CLEVELAND OPEN CUP)

KADAR POLIMER 7%

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA SINGKAT (TITIK NYALA) :

274°C

TEMPERATUR PADA SAAT TERLIHAT NYALA MIN. 5 DETIK (TITIK BAKAR) :

278°C

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 06 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PENURUNAN BERAT MINYAK DAN ASPAL (THICK FILM TEST)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

CAWAN I	BERAT SEBELUM PEMANASAN	BERAT SETELAH PEMANASAN
Cawan + Aspal	89,40	89,39
Cawan	23,93	23,93
Aspal	65,47	65,46
Penurunan Berat (%)	0,015	

CAWAN I	BERAT SEBELUM PEMANASAN	BERAT SETELAH PEMANASAN
Cawan + Aspal	89,73	89,70
Cawan	22,75	22,75
Aspal	66,98	66,95
Penurunan Berat (%)	0,045	

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 17 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

KELARUTAN BITUMEN ASPAL DALAM KARBON TETRA KLORIDA (CCl₄)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

PEMERIKSAAN I	NOTASI	BERAT (gram)
Berat Tabung Erlenmeyer	A	135,87
Berat Tabung Erlenmeyer + Benda Uji	B	137,87
Berat Kertas Saring	C	4,43
Berat Kertas Saring + Endapan	D	4,45
Kadar Kelarutan (%)		99

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 16 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	6,5	40
2	7,5	45
3	8,5	50
4	9,5	55
5	10,4	60
6	11,4	65
7	12,4	70
8	13,4	75
9	14,4	80
10	15,4	85
11	16,3	90
12	17,3	95
13	18,3	100

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktilitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 14 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktilitas Rata-rata : 49,52 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 15 Maret 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 1%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 01 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 49,17 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 15 Maret 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 2%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 3%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 4%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 5%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 50 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 04 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 6%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 52 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 05 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

DAKTILITAS BAHAN-BAHAN BITUMEN (KADAR POLIMER 7%)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	
			25
			25

PEMERIKSAAN

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

PEMERIKSAAN I		
No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Daktalitas Rata-rata : 53 mm/menit

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 05 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

BERAT JENIS BITUMEN

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Aspal Keras

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Aspal Pertamina Pen

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

60/70

DTS FTUI

Proses	Waktu		Suhu (°C)
	Mulai	Selesai	

PEMERIKSAAN

BERAT PIKNOMETER (gram)	A	27,97
BERAT PIKNOMETER + AIR (gram)	B	50,21
BERAT PIKNOMETER + ASPAL (gram)	C	41,99
BERAT PIKNOMETER + AIR + ASPAL (gram)	D	50,66
BERAT JENIS BITUMEN (%)	1,033	

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 14 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

ANALISA BUTIRAN (WASH GRADING)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Agregat

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Gunung Sudamanik

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

DTS FTUI

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Persen (%)	
			Tertahan	Lewat
1"	25,4	0	0,00	100
¾"	19,1	197	3,21	96,79
½"	12,7	3783	61,58	35,21
3/8"	9,52	1100	17,91	17,30
No. 04	4,76	962	15,66	1,64
Pan		101	1,64	0,00
		6143	100,00	
½"	12,7	101	1,58	98,42
3/8"	9,52	2075	32,45	65,97
No. 04	4,76	3413	53,38	12,59
No. 08	2,38	389	6,08	6,51
No.16	1,19	160	2,50	4,00
No.30	0,59	62	0,97	3,03
Pan		194	3,03	0,00
		6394	100,00	
No. 04	4,76	228	8,40	91,60
No. 08	2,38	552	20,34	71,26
No.16	1,19	540	19,90	51,36
No.30	0,59	473	17,43	33,94
No. 50	0,279	238	8,87	25,17
No. 100	0,149	281	10,35	14,81
No. 200	0,074	171	6,30	8,51
Pan		231	8,51	0,00
		2714	100,00	

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi & Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 10 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Agregat

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Gunung Sudamanik

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

DTS FTUI

Gradasi Pemeriksaan		Benda Uji Tidak Direndam Dalam Air Rob				Benda Uji Direndam Dalam Air Rob			
Ukuran Saringan		Berat Dengan Gradasi Benda Uji (gram)							
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	B		C		B		C	
		Berat Sebelum (a)	Berat Sesudah (b)	Berat Sebelum (a)	Berat Sesudah (b)	Berat Sebelum (a)	Berat Sesudah (b)	Berat Sebelum (a)	Berat Sesudah (b)
76,2	63,5	-	-	-	-	-	-	-	-
63,5	50,8	-	-	-	-	-	-	-	-
50,8	38,1	-	-	-	-	-	-	-	-
38,1	25,4	-	-	-	-	-	-	-	-
25,4	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-
19,0	12,7	2500	-	-	-	2500	-	-	-
12,7	9,51	2500	-	-	-	2500	-	-	-
9,51	6,35	-	-	2500	-	-	-	2500	-
6,35	4,75	-	-	2500	-	-	-	2500	-
4,75	2,36	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah Berat		5000	-	5000	-	5000	-	5000	-
Berat Tertahan Saringan No. 12		-	3834	-	3748	-	3915	-	3711
Keausan (%)		23,32		25,04		21,70		25,78	

$$Keausan = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi & Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 18 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR DAN MEDIUM

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP) Jenis Contoh : Agregat
Proyek : Penelitian Skripsi Sumber Contoh : Gunung Sudamanik
Lokasi : Lab. Struktur dan Material
DTS FTUI

PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

BERAT BENDA UJI		Gram
KERING OVEN	B_K	5000
KERING PERMUKAAN JENUH	B_J	5130
KERING PERMUKAAN JENUH DI DALAM AIR	B_A	3150
BERAT JENIS (<i>Bulk Specific Gravity</i>)		2,525
BERAT JENIS KERING PERMUKAAN (SSD)		2,581
BERAT JENIS SEMU (<i>Apparent Specific Gravity</i>)		2,703
PENYERAPAN (%)		2,6

PEMERIKSAAN AGREGAT MEDIUM

BERAT BENDA UJI		Gram
KERING OVEN	B_K	5000
KERING PERMUKAAN JENUH	B_J	5139
KERING PERMUKAAN JENUH DI DALAM AIR	B_A	3155
BERAT JENIS (<i>Bulk Specific Gravity</i>)		2,520
BERAT JENIS KERING PERMUKAAN (SSD)		2,590
BERAT JENIS SEMU (<i>Apparent Specific Gravity</i>)		2,710
PENYERAPAN (%)		2,6

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi
Tanggal : 11 Februari 2011

Diperiksa/Disetujui
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Agregat

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Gunung Sudamanik

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

DTS FTUI

PEMERIKSAAN

BERAT BENDA UJI		Gram
BENDA UJI KERING OVEN	B_K	5000
PIKNOMETER BERISI AIR	B_J	5130
PIKNOMETER BERISI BENDA UJI & AIR	B_A	3150
BENDA UJI (dalam keadaan kering permukaan jenuh)		500
BERAT JENIS (<i>Bulk Specific Gravity</i>)		2,611
BERAT JENIS KERING PERMUKAAN (SSD)		2,632
BERAT JENIS SEMU (<i>Apparent Specific Gravity</i>)		2,667
PENYERAPAN (%)		0,806

Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 11 & 14 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

ANALISA CAMPURAN AGREGAT (BLENDING)

Pengirim : PT. Widya Sapta Colas (AMP)

Jenis Contoh : Agregat

Proyek : Penelitian Skripsi

Sumber Contoh : Gunung Sudamanik

Lokasi : Lab. Struktur dan Material

DTS FTUI

Saringan No.	Agregat Kasar		Agregat Medium		Agregat Halus		Total (%)	Spek IV
	100%	10%	100%	30%	100%	60%		
3/4"	96,79	9,679	100	30	100	60	99,679	100
1/2"	35,21	3,521	98,42	29,526	100	60	93,047	80 - 100
3/8"	17,3	1,73	65,97	19,791	100	60	81,521	70 - 90
4	1,64	0,164	12,59	3,777	91,6	54,96	58,901	50 - 70
8			6,51	1,953	71,26	42,756	44,709	35 - 50
16			4	1,2	51,36	30,816	32,016	
30			3,03	0,909	33,94	20,364	21,273	18 - 29
50					25,17	15,102	15,102	13 - 23
100					14,81	8,886	8,886	8 - 16
200					8,51	5,106	5,106	4 - 10

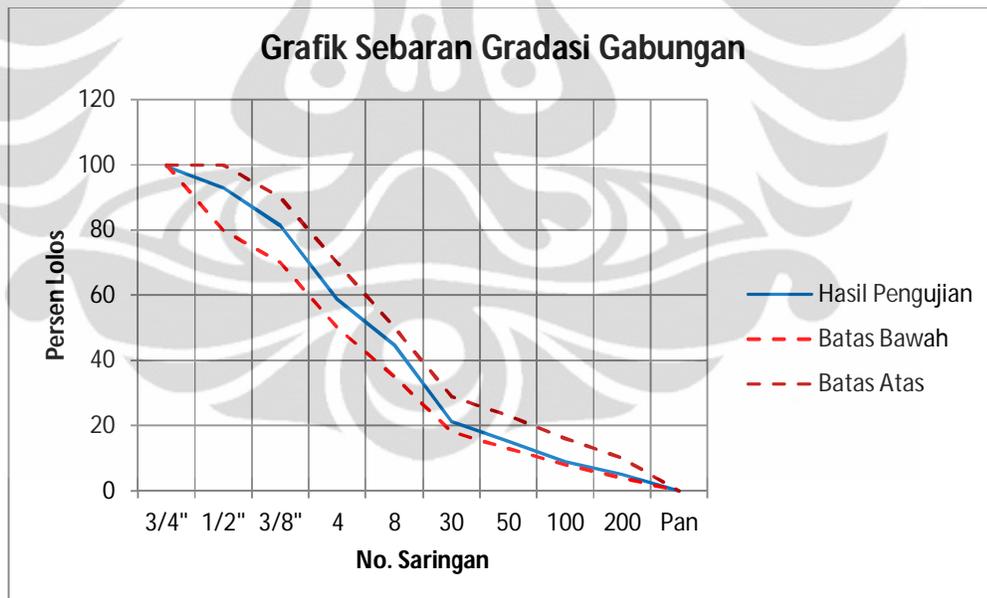
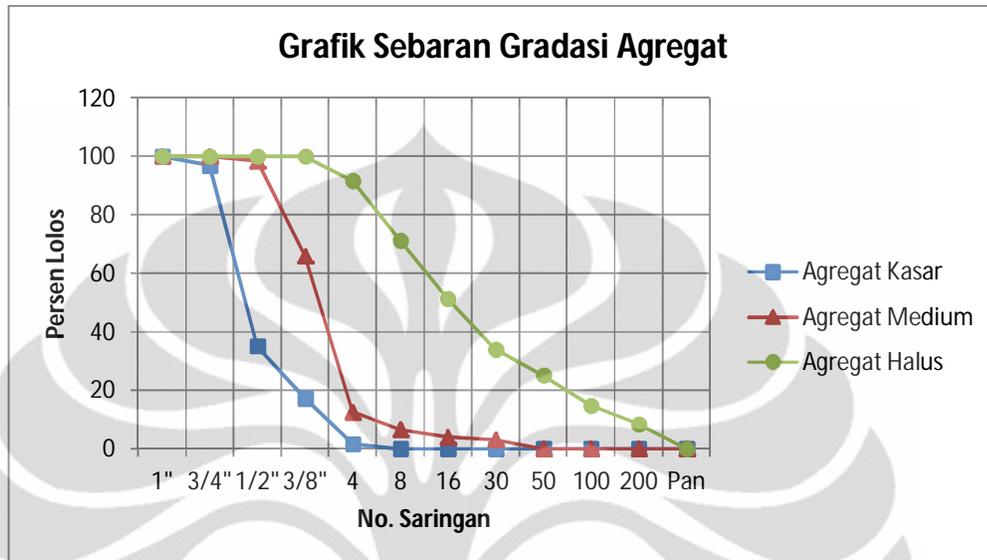
Dikerjakan Oleh : Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 21 Februari 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Tanpa Polimer**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Sumber Contoh :**
DTS FTUI

Benda Uji	No. Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
			1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
Kadar Aspal (5%)	1	10,16	7,19	7,09	7,08	7,12	0,842	1188	654	1206
	2	10,19	7,15	7,09	7,04	7,09	0,835	1189	652	1210,5
	3	10,22	7,14	7,14	7,13	7,14	0,830	1189	654	1211
	Δ	10,19								
Kadar Aspal (5,5%)	1	10,20	6,89	6,92	6,94	6,92	0,851	1188	649,5	1199
	2	10,24	6,73	6,74	6,73	6,73	0,879	1183	660,5	1197
	3	10,20	6,96	6,97	7,00	6,98	0,845	1191	656,5	1207,5
	Δ	10,21								
Kadar Aspal (6%)	1	10,15	6,80	6,84	6,77	6,80	0,866	1188	656	1196
	2	10,25	6,73	6,77	6,71	6,74	0,877	1186	657,5	1196,5
	3	10,19	6,88	6,85	6,82	6,85	0,858	1188	654,5	1199
	Δ	10,20								
Kadar Aspal (6,5%)	1	10,19	6,88	6,89	6,86	6,88	0,855	1182	655	1194,5
	2	10,12	6,74	6,67	6,64	6,68	0,888	1182,5	660,5	1190,5
	3	10,19	6,69	6,67	6,84	6,73	0,879	1187,5	661	1194,5
	Δ	10,17								
Kadar Aspal (7%)	1	10,16	6,69	6,65	6,66	6,67	0,890	1176	651,5	1182,5
	2	10,12	6,65	6,61	6,78	6,68	0,888	1183,5	656	1189
	3	10,17	6,70	6,83	6,73	6,75	0,875	1189,5	659	1195
	Δ	10,15								

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi dan Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 01 Maret 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Dengan Polimer 1%**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Sumber Contoh :**
DTS FTUI

Benda Uji	No. Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W Jenuh (gram)
			1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
Kadar Aspal (5%)	1	10,20	6,82	6,81	6,81	6,81	0,864	1184,5	662,5	1197
	2	10,16	6,91	6,87	6,85	6,88	0,855	1176,5	652,5	1189
	3	10,23	6,90	6,82	6,80	6,84	0,859	1181	651,5	1201,5
	Δ	10,20								
Kadar Aspal (5,5%)	1	10,14	6,71	6,62	6,52	6,62	0,903	1191,5	671,5	1196,5
	2	10,15	6,58	6,53	6,50	6,54	0,923	1173	656,5	1180,5
	3	10,07	6,82	6,71	6,68	6,74	0,877	1178,5	656	1186
	Δ	10,12								
Kadar Aspal (6%)	1	10,17	6,79	6,72	6,68	6,73	0,879	1176,5	651	1185,5
	2	10,11	6,72	6,71	6,69	6,71	0,883	1175,5	652,5	1184,5
	3	10,19	6,57	6,58	6,57	6,57	0,915	1175,5	655	1181
	Δ	10,16								
Kadar Aspal (6,5%)	1	10,18	6,52	6,42	6,41	6,45	0,946	1173	670	1177
	2	10,14	6,45	6,42	6,39	6,42	0,955	1170	660	1174
	3	10,11	6,47	6,43	6,40	6,43	0,952	1183	658,5	1186,5
	Δ	10,14								
Kadar Aspal (7%)	1	10,16	6,42	6,42	6,39	6,41	0,957	1174	664	1179
	2	10,21	6,30	6,51	6,29	6,37	0,984	1179,5	667,5	1183,5
	3	10,11	6,39	6,38	6,39	6,39	0,968	1176,5	664,5	1179,5
	Δ	10,16								

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi dan Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : 13 April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Dengan Polimer 2%**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Sumber Contoh :**
DTS FTUI

Benda Uji	No. Sampel	Diameter	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		(cm)	1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
Kadar Aspal (5%)	1	10,25	6,68	6,66	6,64	6,66	0,893	1181	654	1190
	2	10,20	6,72	6,69	6,72	6,71	0,883	1178	654,5	1191
	3	10,17	6,52	6,51	6,60	6,54	0,923	1176,5	656,5	1188
	Δ	10,21								
Kadar Aspal (5,5%)	1	10,18	6,61	6,59	6,59	6,60	0,908	1177	660	1188,5
	2	10,19	6,68	6,66	6,64	6,66	0,893	1181	660	1193,5
	3	10,24	6,65	6,65	6,60	6,63	0,900	1181,5	660	1194
	Δ	10,20								
Kadar Aspal (6%)	1	10,19	6,52	6,54	6,51	6,52	0,928	1180,5	664,5	1188
	2	10,16	6,59	6,58	6,59	6,59	0,910	1183,5	667,5	1193
	3	10,16	6,47	6,55	6,49	6,50	0,933	1176,5	662,5	1184,5
	Δ	10,17								
Kadar Aspal (6,5%)	1	10,18	6,45	6,51	6,43	6,46	0,944	1177	665	1186,5
	2	10,14	6,37	6,43	6,38	6,39	0,968	1184	674	1189,5
	3	10,13	6,47	6,51	6,46	6,48	0,938	1187,5	673	1194
	Δ	10,15								
Kadar Aspal (7%)	1	10,12	6,36	6,35	6,34	6,35	1,000	1187,5	676	1194,5
	2	10,17	6,40	6,43	6,43	6,42	0,955	1178	668	1184
	3	10,16	6,42	6,40	6,42	6,41	0,957	1183	673	1187
	Δ	10,15								

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi dan Siti Fatmawati

Diperiksa/Disetujui

Tanggal : ... April 2011

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Dengan Polimer 3%**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Sumber Contoh :**
DTS FTUI

Benda Uji	No. Sampel	Diameter	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		(cm)	1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
Kadar Aspal (5%)	1	10,13	6,67	6,55	6,59	6,60	0,908	1186,5	675,5	1205
	2	10,08	6,69	6,59	6,59	6,62	0,903	1177,5	671,5	1204
	3	10,19	6,62	6,60	6,61	6,61	0,905	1187	663	1195,5
	Δ	10,13								
Kadar Aspal (5,5%)	1	10,25	6,68	6,75	6,67	6,70	0,884	1183,5	665	1199
	2	10,18	6,67	6,67	6,69	6,68	0,888	1182,5	664	1200,5
	3	10,05	6,72	6,71	6,71	6,71	0,883	1186,5	664	1203
	Δ	10,16								
Kadar Aspal (6%)	1	10,17	6,59	6,62	6,63	6,61	0,905	1178,5	660	1190
	2	10,19	6,41	6,43	6,41	6,42	0,944	1174,5	657,5	1182
	3	10,20	6,51	6,52	6,53	6,52	0,928	1179	666	1186
	Δ	10,19								
Kadar Aspal (6,5%)	1	10,13	6,63	6,72	6,61	6,65	0,895	1174,5	651,5	1184,5
	2	10,12	6,59	6,52	6,61	6,57	0,915	1200,5	676,5	1207
	3	10,12	6,38	6,38	6,39	6,38	0,976	1173,5	662	1180,5
	Δ	10,12								
Kadar Aspal (7%)	1	10,20	6,51	6,45	6,49	6,48	0,938	1181,5	667	1186
	2	10,20	6,34	6,38	6,40	6,37	0,984	1176	662	1182
	3	10,18	6,55	6,40	6,42	6,46	0,944	1178,5	668	1183,5
	Δ	10,19								

Dikerjakan Oleh : Aep Riyadi dan Siti Fatmawati

Tanggal : ... April 2011

Diperiksa/Disetujui

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Tanpa Polimer (Untuk**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Perendaman)**
DTS FTUI Sumber Contoh :

No. Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
6J.C	10,15	6,60	6,59	6,62	6,60	0,908	1196,5	665,5	1203,5
6J.C	10,25	6,54	6,49	6,50	6,51	0,930	1187,5	663	1194
6J.C	10,19	6,59	6,59	6,60	6,59	0,910	1183	655	1191,5
12J.C	10,19	6,52	6,52	6,50	6,51	0,930	1185	663	1191
12J.C	10,16	6,81	6,81	6,83	6,82	0,862	1184	670,5	1188
12J.C	10,24	6,58	6,57	6,60	6,58	0,913	1192,5	663,5	1200
1H.C	10,19	6,59	6,60	6,64	6,61	0,905	1179,5	656	1190
1H.C	10,12	6,49	6,51	6,50	6,50	0,933	1186	669	1193,5
1H.C	10,22	6,56	6,53	6,54	6,54	0,923	1186	664,5	1193
2H.C	10,25	6,57	6,55	6,57	6,56	0,918	1190,5	668,5	1202
2H.C	10,19	6,49	6,49	6,52	6,50	0,933	1193	672,5	1205
2H.C	10,19	6,62	6,61	6,59	6,61	0,905	1189	668,5	1199,5
12J.I	10,19	6,52	6,52	6,50	6,51	0,930	1185	663	1191
12J.I	10,16	6,81	6,81	6,83	6,82	0,862	1184	670,5	1188
12J.I	10,24	6,58	6,57	6,60	6,58	0,913	1192,5	663,5	1200
24J.I	10,12	6,62	6,67	6,62	6,64	0,898	1189,5	666	1200
24J.I	10,19	6,47	6,50	6,50	6,49	0,936	1183,5	664	1193
24J.I	10,19	6,72	6,68	6,69	6,70	0,884	1191	663,5	1202,5
36J.I	10,12	6,61	6,61	6,63	6,62	0,903	1187	664	1197,5
36J.I	10,22	6,54	6,54	6,59	6,56	0,918	1190,5	669	1198,5
36J.I	10,17	6,58	6,59	6,60	6,59	0,910	1195,5	668	1207
3H.C	10,19	6,49	6,48	6,42	6,46	0,943	1184	670	1194
3H.C	10,12	6,58	6,58	6,52	6,56	0,918	1184,5	669,5	1200
3H.C	10,19	6,68	6,58	6,60	6,62	0,903	1185,5	668	1198
Non Rendam	10,24	6,51	6,53	6,58	6,54	0,923	1190	671	1196
Non Rendam	10,20	6,51	6,51	6,52	6,51	0,930	1188	668,5	1194,5
Non Rendam	10,15	6,54	6,57	6,53	6,55	0,920	1186,5	670	1194

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Indonesia Telp (021) 787 4878 – 727 0029 (ext. 110/111) – 727 0028 (Fax)

SPESIFIKASI BENDA UJI MARSHALL

Pengirim : **Jenis Contoh : Campuran Aspal**
Proyek : **Penelitian Skripsi Dengan Polimer 1% 0**
Lokasi : **Lab. Struktur dan Material Sumber Contoh :**
DTS FTUI

No. Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)					W kering udara (gram)	W dalam air (gram)	W jenuh (gram)
		1	2	3	Rata-Rata	Korelasi			
6J.C1	10,17	6,33	6,34	6,35	6,34	1,041	1177	666,5	1182
6J.C2	10,15	6,36	6,34	6,33	6,34	1,041	1176,5	667,5	1181,5
6J.C3	10,25	6,32	6,30	6,32	6,31	1,041	1171,5	664	1177
12J.C1	10,19	6,33	6,34	6,33	6,33	1,041	1171,5	663,5	1171,5
12J.C2	10,20	6,25	6,30	6,25	6,27	1,041	1169	661	1170,5
12J.C3	10,24	6,37	6,32	6,33	6,34	1,041	1172,5	664,5	1179,5
1H.C1	10,20	6,46	6,45	6,51	6,47	0,941	1201	682	1206
1H.C2	10,19	6,36	6,35	6,35	6,35	1,000	1170,5	662	1175,5
1H.C3	10,19	6,37	6,37	6,42	6,39	0,968	1172	661,5	1178
2H.C1	10,19	6,42	6,45	6,48	6,45	0,946	1185,5	673,5	1194,5
2H.C2	10,16	6,34	6,37	6,34	6,35	1,000	1182,5	670,5	1192,5
2H.C3	10,12	6,39	6,40	6,40	6,40	0,960	1175	666	1184
3H.C1	10,17	6,39	6,40	6,43	6,41	0,957	1178,5	669	1188,5
3H.C2	10,16	6,46	6,47	6,47	6,47	0,941	1182,5	669,5	1192,5
3H.C3	10,19	6,55	6,56	6,60	6,57	0,915	1175,5	668	1188,5
12J.I1	10,19	6,33	6,34	6,33	6,33	1,041	1171,5	663,5	1171,5
12J.I2	10,20	6,25	6,30	6,25	6,27	1,041	1169	661	1170,5
12J.I3	10,24	6,37	6,32	6,33	6,34	1,041	1172,5	664,5	1179,5
24J.I1	10,24	6,38	6,37	6,38	6,38	0,976	1179	671,5	1185
24J.I2	10,20	6,29	6,31	6,29	6,30	1,041	1176	666	1178
24J.I3	10,19	6,35	6,36	6,35	6,35	1,000	1173,5	667	1180,5
48J.I1	10,19	6,39	6,36	6,36	6,37	0,984	1176	670	1183,5
48J.I2	10,19	6,38	6,40	6,40	6,39	0,968	1171,5	667,5	1182
48J.I3	10,20	6,15	6,18	6,15	6,16	1,049	1160,5	663,5	1172,5
Non Rendam 1	10,24	6,32	6,33	6,33	6,33	1,041	1172,5	666,5	1179
Non Rendam 2	10,20	6,43	6,47	6,45	6,45	0,946	1188	673	1194
Non Rendam 3	10,19	6,28	6,35	6,27	6,30	1,041	1176	667,5	1181,5

LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN





Lokasi pengambilan air rob



Modifikasi alat pencampur/pengaduk (*mixer*) aspal dan polimer



Aspal polimer yang belum homogen akan terlihat saat diuji daktilitas akan putus dan butiran SBS akan terlihat belum pecah (masih menggumpal)



Pengecekan aspal polimer setelah dilakukan proses pencampuran untuk mengetahui keberhasilan proses pencampuran



Perendaman sampel dalam air rob



Proses ekstraksi aspal setelah mengalami proses perendaman dalam air rob



Kondisi aspal setelah mengalami proses *re-cover* namun belum terpisah sempurna dari cairan ekstraksi yang digunakan (*Trichloroetilen*)