

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGGUNAAN PASIR SUNGAI BENGAWAN
SOLO SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



HANAFI ZAKARIA

07.511.119

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

2012

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Distribusi Beban pada Perkerasan Lentur	15
Gambar 3.2 Lapisan-Lapisan pada Perkerasan Lentur	16
Gambar 3.3 Grafik Gradasi Campuran Laston AC-BC	25
Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	31
Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	32
Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ	33
Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM	34
Gambar 3.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA	36
Gambar 3.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA	37
Gambar 3.10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	38
Gambar 3.11 Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Tekan pada Struktur Perkerasan Jalan	40
Gambar 4.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian (1 dari 2)	49
Gambar 4.2 Bagan Alir Metodologi Penelitian (2 dari 2)	50
Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	78
Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	80
Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ	82
Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM	84
Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA	86
Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA	88
Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	89
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan Stabilitas	91
Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Flow</i>	92
Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Marshall Quotient</i>	93

Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VITM	94
Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VFWA	95
Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VMA	96
Gambar 5.14 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Density</i>	97
Gambar 5.15 Grafik Hubungan antara Rendaman dan Stabilitas	99
Gambar 5.16 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Index Of Retained Strength</i>	103
Gambar 5.17 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Indirect Tensile Strength</i>	105
Gambar 5.18 Skema Volume Aspal Beton	106



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Keaslian Penelitian	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Aspal	6
2.2 Agregat	6
2.3 Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	7
2.4 Aspal Beton / <i>Asphalt Concrete (AC)</i>	7
2.4.1 Fungsi Aspal Beton	8
2.4.2 Sifat-Sifat Aspal Beton	8

2.5	Hasil Penelitian Sebelumnya	8
BAB III	LANDASAN TEORI	13
3.1	Konstruksi Perkerasan Jalan	13
3.2	Konstruksi Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	14
3.2.1	Lapisan-Lapisan pada Sistem Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	15
3.3	Karakteristik Perkerasan Lentur	18
3.3.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	18
3.3.2	Keawetan / Daya Tahan (<i>Durability</i>)	19
3.3.3	Kelenturan (<i>Fleksibility</i>)	20
3.3.4	Kekesatan (<i>Skid Resistance</i>)	20
3.3.5	Ketahanan Terhadap Kelelahan (<i>Fatigue Resistance</i>) ..	20
3.3.6	Kemudahan Pelaksanaan (<i>Workability</i>)	21
3.3.7	Kekedapan Terhadap Air (<i>Permeability</i>)	21
3.4	Bahan Perkerasan	21
3.4.1	Agregat	21
3.4.2	Aspal	27
3.5	Parameter <i>Marshall Test</i>	30
3.5.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	30
3.5.2	Kelelahan (<i>Flow</i>)	31
3.5.3	<i>Marshall Quotient</i>	32
3.5.4	VITM (<i>Void in the Total Mix</i>)	33
3.5.5	VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>)	34
3.5.6	VMA (<i>Void in Mineral Agregate</i>)	36
3.5.7	Kepadatan (<i>Density</i>)	37
3.6	<i>Immersion Test</i>	39
3.7	<i>Indirect Tensile Strength Test</i>	39
BAB IV	METODE PENELITIAN	42
4.1	Metode Penelitian	42
4.2	Metode Pengambilan Sampel	42

4.3	Metode Pengambilan Data	43
4.3.1	Pengujian Bahan	43
4.3.2	Peralatan Penelitian	45
4.3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	46
4.4	Perencanaan Campuran	46
4.4.1	Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari Kadar Aspal Optimum	47
4.4.2	Pengujian <i>Immersion</i>	47
4.4.3	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	47
4.5	Jumlah Benda Uji	50
4.6	Cara Melakukan Pengujian	52
4.6.1	Pembuatan Benda Uji	52
4.6.2	Pengujian <i>Marshall</i>	53
4.6.3	Pengujian <i>Immersion</i>	54
4.6.4	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	55
4.7	Analisis Data	55
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	60
5.1	Hasil Penelitian	60
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	60
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	60
5.1.3	Hasil Penelitian Gradasi Agregat untuk Campuran	62
5.1.4	Hasil Pengujian Campuran <i>Asphalt Concrete</i> – <i>Base Course</i> untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum	66
5.2	Pembahasan.....	73
5.2.1	Karakteristik Aspal	73
5.2.2	Karakteristik Agregat Kasar.....	74
5.2.3	Karakteristik Agregat Halus.....	76
5.2.4	Karakteristik <i>Marshall</i> Standar	77
5.2.5	Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum	90
5.2.6	Karakteristik <i>Immersion Test</i>	99

5.2.7	Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	103
5.2.8	Pembahasan Karakteristik Campuran Aspal Beton Secara Keseluruhan	105
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		108
6.1	Simpulan	108
6.2	Saran.....	109
DAFTAR PUSTAKA		111
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar	22
Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Halus	23
Tabel 3.3 Gradasi Laston AC-BC	25
Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70	30
Tabel 3.5 Persyaratan Campuran Laston AC-BC	38
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Optimum	50
Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji untuk <i>Immersion Test</i>	51
Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji untuk <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	51
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan AC 60/70	60
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	61
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Clereng	61
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Sungai Bengawan Solo	61
Tabel 5.5 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 4,5%	62
Tabel 5.6 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,0%	63
Tabel 5.7 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%	63
Tabel 5.8 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,0%	64
Tabel 5.9 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%	64
Tabel 5.10 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 4,5%	65
Tabel 5.11 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,0%	65
Tabel 5.12 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,5%	65
Tabel 5.13 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,0%	66
Tabel 5.14 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,5%	66

Tabel 5.15 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%	67
Tabel 5.16 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 75% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 25%	67
Tabel 5.17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 50% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 50%	68
Tabel 5.18 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%	68
Tabel 5.19 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%	69
Tabel 5.20 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%	69
Tabel 5.21 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 75% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 25%	70
Tabel 5.22 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 50% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 50%	70
Tabel 5.23 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%	71
Tabel 5.24 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%	71
Tabel 5.25 Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum	72
Tabel 5.26 Rekapitulasi Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum	98

Tabel 5.27 Rekapitulasi <i>Indek of Retained Strength</i> pada <i>Immersion Test</i>	102
Tabel 5.28 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> Terhadap Variasi Campuran pada Kadar Aspal Optimum	104



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Distribusi Beban pada Perkerasan Lentur	15
Gambar 3.2 Lapisan-Lapisan pada Perkerasan Lentur	16
Gambar 3.3 Grafik Gradasi Campuran Laston AC-BC	25
Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	31
Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	32
Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ	33
Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM	34
Gambar 3.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA	36
Gambar 3.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA	37
Gambar 3.10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	38
Gambar 3.11 Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Tekan pada Struktur Perkerasan Jalan	40
Gambar 4.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian (1 dari 2)	49
Gambar 4.2 Bagan Alir Metodologi Penelitian (2 dari 2)	50
Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	78
Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	80
Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ	82
Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM	84
Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA	86
Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA	88
Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	89
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan Stabilitas	91
Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Flow</i>	92
Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Marshall Quotient</i>	93

Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VITM	94
Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VFWA	95
Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VMA	96
Gambar 5.14 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Density</i>	97
Gambar 5.15 Grafik Hubungan antara Rendaman dan Stabilitas	99
Gambar 5.16 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Index Of Retained Strength</i>	103
Gambar 5.17 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan <i>Indirect Tensile Strength</i>	105
Gambar 5.18 Skema Volume Aspal Beton	106



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 4,5%
- Lampiran 2 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 5,0%
- Lampiran 3 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 5,5%
- Lampiran 4 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 6,0%
- Lampiran 5 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 6,5%
- Lampiran 6 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 4,5% dan 5,0%
- Lampiran 7 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 5,5% dan 6,0%
- Lampiran 8 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 6,5%
- Lampiran 9 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,45%
- Lampiran 10 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,54%
- Lampiran 11 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,64%
- Lampiran 12 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,77%
- Lampiran 13 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,91%
- Lampiran 14 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- Lampiran 15 Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- Lampiran 16 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*
- Lampiran 17 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Clereng
- Lampiran 18 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Sungai Bengawan Solo
- Lampiran 19 Pengujian *Sand Equivalent* Agregat Halus Clereng
- Lampiran 20 Pengujian *Sand Equivalent* Agregat Halus Sungai Bengawan Solo
- Lampiran 21 Pengujian Berat Jenis Aspal
- Lampiran 22 Pengujian Penetrasi Aspal
- Lampiran 23 Pengujian Daktilitas Aspal
- Lampiran 24 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal
- Lampiran 25 Pengujian Kelarutan Aspal dalam TCE
- Lampiran 26 Pengujian Titik Lembek Aspal

- Lampiran 27 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 100% +
Sungai Bengawan Solo 0%
- Lampiran 28 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 75% +
Sungai Bengawan Solo 25%
- Lampiran 29 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 50% +
Sungai Bengawan Solo 50%
- Lampiran 30 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 25% +
Sungai Bengawan Solo 75%
- Lampiran 31 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 0% +
Sungai Bengawan Solo 100%
- Lampiran 32 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 100% +
Sungai Bengawan Solo 0%
- Lampiran 33 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 75% +
Sungai Bengawan Solo 25%
- Lampiran 34 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 50% +
Sungai Bengawan Solo 50%
- Lampiran 35 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 25% +
Sungai Bengawan Solo 75%
- Lampiran 36 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 0% +
Sungai Bengawan Solo 100%
- Lampiran 37 Angka Koreksi Tebal Sampel
- Lampiran 38 Konstanta Persamaan *Indirect Tensile Strength*

DAFTAR NOTASI

- a = Prosentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat kering sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh SSD (gr)
- e = Berat benda uji didalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)
- g = Berat isi sampel (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum teoritis campuran
- i = Prosen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
- j = Prosentase hasil pengurangan 100 dengan prosentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k = Jumlah kandungan rongga (%)
- l = Rongga terhadap agregat (VMA) (%)
- m = Rongga terisi aspal (VFWA) (%)
- n = Rongga dalam campuran (VITM) (%)
- o = Nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*
- q = Stabilitas (kg)
- r = *Flow* (mm)
- t = Tebal benda uji (cm)

DAFTAR ISTILAH

Agregat	: Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.
Agregat Halus	: Butiran yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
Agregat Kasar	: Butiran yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
Aspal	: Bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang tersusun atas <i>aspaltenes</i> , <i>maltenes</i> , dan <i>oil</i> .
<i>Asphalt Cement</i>	: Aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang.
<i>Asphalt Concrete</i>	: Lapisan aspal beton.
<i>Asphaltnes</i>	: Material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam <i>heptane</i>
Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	: Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
<i>Bleeding</i>	: Naiknya aspal ke permukaan.
Daktilitas	: Keuletan, nilai elastisitas aspal.
Deformasi	: Perubahan bentuk suatu perkerasan setelah menerima beban.

Degradasi	: Perubahan gradasi karena adanya penghancuran.
<i>Density</i>	: Kepadatan, berat campuran yang diukur tiap satuan volume.
Durabilitas	: Kemampuan lapisan perkerasan menahan keausan dari pengaruh cuaca, air, dan suhu serta gesekan roda kendaraan.
<i>Fatigue Resistance</i>	: Ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak.
Film Aspal	: Selimut aspal, tebal lapisan aspal yang menyelimuti agregat.
Fleksibilitas	: Kelenturan, kemampuan beton aspal untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
<i>Flexible Pavement</i>	: Perkerasan Lentur, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat.
<i>Flow</i>	: Kelelahan plastis, perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam satuan milimeter.
Gradasi	: Susunan butir agregat sesuai ukurannya.
<i>Immersion Test</i>	: Pengujian perendaman untuk mencari rasio nilai stabilitas.

- Index of Retained Strength* : Indeks perendaman, rasio nilai stabilitas terhadap rendaman standar 0,5 jam.
- Indirect Tensile Strength Test* : Pengujian untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik.
- Kadar Aspal Optimum : Kadar aspal tengah dari rentang gradasi pada spesifikasi gradasi agregat.
- Laston : Lapisan Aspal Beton, beton aspal bergradasi menerus.
- Maltenes* : Cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oil*, yang larut dalam *heptane*.
- Marshall Test* : Pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai kelelahan plastis.
- Marshall Quotient* : Hasil bagi dari stabilitas dan *flow*.
- Oil* : Cairan yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*
- Prime Coat* : Laburan aspal pada permukaan yang belum beraspal.
- Resins* : Cairan berwarna kuning atau coklat yang memberikan sifat *adhesi* dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan.

<i>Rigid Pavement</i>	: Perkerasan Kaku, perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat.
<i>Rutting</i>	: Terjadinya alur pada suatu perkerasan oleh beban lalu lintas akibat dari nilai stabilitas yang rendah.
<i>Sand Equivalent</i>	: Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus.
<i>Skid Resistance</i>	: Tahanan geser, kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.
Stabilitas	: Kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan <i>bleeding</i> .
<i>Tack Coat</i>	: Laburan aspal pada permukaan yang sudah beraspal.
VFWA	: Volume aspal yang dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran, dinyatakan dalam % volume.
Viskositas	: Kekentalan aspal.
VITM	: Volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam % volume.

VMA

: Volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran perkerasan, dinyatakan dalam % volume.



DAFTAR ISTILAH

Agregat	: Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.
Agregat Halus	: Butiran yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
Agregat Kasar	: Butiran yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
Aspal	: Bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang tersusun atas <i>aspaltenes</i> , <i>maltenes</i> , dan <i>oil</i> .
<i>Asphalt Cement</i>	: Aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang.
<i>Asphalt Concrete</i>	: Lapisan aspal beton.
<i>Asphaltnes</i>	: Material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam <i>heptane</i>
Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	: Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
<i>Bleeding</i>	: Naiknya aspal ke permukaan.
Daktilitas	: Keuletan, nilai elastitas aspal.
Deformasi	: Perubahan bentuk suatu perkerasan setelah menerima beban.

Degradasi	: Perubahan gradasi karena adanya penghancuran.
<i>Density</i>	: Kepadatan, berat campuran yang diukur tiap satuan volume.
Durabilitas	: Kemampuan lapisan perkerasan menahan keausan dari pengaruh cuaca, air, dan suhu serta gesekan roda kendaraan.
<i>Fatigue Resistance</i>	: Ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak.
Film Aspal	: Selimut aspal, tebal lapisan aspal yang menyelimuti agregat.
Fleksibilitas	: Kelenturan, kemampuan beton aspal untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
<i>Flexible Pavement</i>	: Perkerasan Lentur, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat.
<i>Flow</i>	: Kelelahan plastis, perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam satuan milimeter.
Gradasi	: Susunan butir agregat sesuai ukurannya.
<i>Immersion Test</i>	: Pengujian perendaman untuk mencari rasio nilai stabilitas.

- Index of Retained Strength* : Indeks perendaman, rasio nilai stabilitas terhadap rendaman standar 0,5 jam.
- Indirect Tensile Strength Test* : Pengujian untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik.
- Kadar Aspal Optimum : Kadar aspal tengah dari rentang gradasi pada spesifikasi gradasi agregat.
- Laston : Lapisan Aspal Beton, beton aspal bergradasi menerus.
- Maltenes* : Cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oil*, yang larut dalam *heptane*.
- Marshall Test* : Pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai kelelahan plastis.
- Marshall Quotient* : Hasil bagi dari stabilitas dan *flow*.
- Oil* : Cairan yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*
- Prime Coat* : Laburan aspal pada permukaan yang belum beraspal.
- Resins* : Cairan berwarna kuning atau coklat yang memberikan sifat *adhesi* dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan.

<i>Rigid Pavement</i>	: Perkerasan Kaku, perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat.
<i>Rutting</i>	: Terjadinya alur pada suatu perkerasan oleh beban lalu lintas akibat dari nilai stabilitas yang rendah.
<i>Sand Equivalent</i>	: Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus.
<i>Skid Resistance</i>	: Tahanan geser, kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip.
Stabilitas	: Kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan <i>bleeding</i> .
<i>Tack Coat</i>	: Laburan aspal pada permukaan yang sudah beraspal.
VFWA	: Volume aspal yang dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran, dinyatakan dalam % volume.
Viskositas	: Kekentalan aspal.
VITM	: Volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam % volume.

VMA

: Volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran perkerasan, dinyatakan dalam % volume.



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 4,5%
- Lampiran 2 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 5,0%
- Lampiran 3 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 5,5%
- Lampiran 4 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 6,0%
- Lampiran 5 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal 6,5%
- Lampiran 6 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 4,5% dan 5,0%
- Lampiran 7 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 5,5% dan 6,0%
- Lampiran 8 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus pada Kadar Aspal 6,5%
- Lampiran 9 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,45%
- Lampiran 10 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,54%
- Lampiran 11 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,64%
- Lampiran 12 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,77%
- Lampiran 13 Pengujian Analisa Saringan pada Kadar Aspal Optimum 5,91%
- Lampiran 14 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- Lampiran 15 Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- Lampiran 16 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*
- Lampiran 17 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Clereng
- Lampiran 18 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Sungai Bengawan Solo
- Lampiran 19 Pengujian *Sand Equivalent* Agregat Halus Clereng
- Lampiran 20 Pengujian *Sand Equivalent* Agregat Halus Sungai Bengawan Solo
- Lampiran 21 Pengujian Berat Jenis Aspal
- Lampiran 22 Pengujian Penetrasi Aspal
- Lampiran 23 Pengujian Daktilitas Aspal
- Lampiran 24 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal
- Lampiran 25 Pengujian Kelarutan Aspal dalam TCE
- Lampiran 26 Pengujian Titik Lembek Aspal

- Lampiran 27 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 100% +
Sungai Bengawan Solo 0%
- Lampiran 28 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 75% +
Sungai Bengawan Solo 25%
- Lampiran 29 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 50% +
Sungai Bengawan Solo 50%
- Lampiran 30 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 25% +
Sungai Bengawan Solo 75%
- Lampiran 31 Hasil Pengujian *Marshall Test* Agregat Halus Clereng 0% +
Sungai Bengawan Solo 100%
- Lampiran 32 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 100% +
Sungai Bengawan Solo 0%
- Lampiran 33 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 75% +
Sungai Bengawan Solo 25%
- Lampiran 34 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 50% +
Sungai Bengawan Solo 50%
- Lampiran 35 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 25% +
Sungai Bengawan Solo 75%
- Lampiran 36 Hasil Pengujian *Immersion Test* Agregat Halus Clereng 0% +
Sungai Bengawan Solo 100%
- Lampiran 37 Angka Koreksi Tebal Sampel
- Lampiran 38 Konstanta Persamaan *Indirect Tensile Strength*

DAFTAR NOTASI

- a = Prosentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat kering sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh SSD (gr)
- e = Berat benda uji didalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)
- g = Berat isi sampel (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum teoritis campuran
- i = Prosen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
- j = Prosentase hasil pengurangan 100 dengan prosentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k = Jumlah kandungan rongga (%)
- l = Rongga terhadap agregat (VMA) (%)
- m = Rongga terisi aspal (VFWA) (%)
- n = Rongga dalam campuran (VITM) (%)
- o = Nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*
- q = Stabilitas (kg)
- r = *Flow* (mm)
- t = Tebal benda uji (cm)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar	22
Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Halus	23
Tabel 3.3 Gradasi Laston AC-BC	25
Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70	30
Tabel 3.5 Persyaratan Campuran Laston AC-BC	38
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Optimum	50
Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji untuk <i>Immersion Test</i>	51
Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji untuk <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	51
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan AC 60/70	60
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	61
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Clereng	61
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Sungai Bengawan Solo	61
Tabel 5.5 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 4,5%	62
Tabel 5.6 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,0%	63
Tabel 5.7 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%	63
Tabel 5.8 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,0%	64
Tabel 5.9 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%	64
Tabel 5.10 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 4,5%	65
Tabel 5.11 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,0%	65
Tabel 5.12 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,5%	65
Tabel 5.13 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,0%	66
Tabel 5.14 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,5%	66

Tabel 5.15 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%	67
Tabel 5.16 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 75% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 25%	67
Tabel 5.17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 50% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 50%	68
Tabel 5.18 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%	68
Tabel 5.19 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%	69
Tabel 5.20 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%	69
Tabel 5.21 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 75% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 25%	70
Tabel 5.22 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 50% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 50%	70
Tabel 5.23 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%	71
Tabel 5.24 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%	71
Tabel 5.25 Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum	72
Tabel 5.26 Rekapitulasi Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum	98

Tabel 5.27 Rekapitulasi <i>Indek of Retained Strength</i> pada <i>Immersion Test</i>	102
Tabel 5.28 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> Terhadap Variasi Campuran pada Kadar Aspal Optimum	104



TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGGUNAAN PASIR SUNGAI BENGAWAN SOLO SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



Disetujui Oleh :

Pembimbing :

Ketua Jurusan :

(Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D)

(Ir. H. Suharyatmo, MT.)

Tanggal :

Tanggal :

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGGUNAAN PASIR SUNGAI BENGAWAN SOLO SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



Disetujui Oleh :

Pembimbing / Penguji :

Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D _____

Penguji :

Ir. Subarkah, MT. _____

Penguji :

Ir. Bachnas, M.Sc. _____

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr. wb.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Analisis Penggunaan Pasir Sungai Bengawan Solo Sebagai Agregat Halus pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini telah banyak diperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dan Penguji tugas akhir.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT. dan Ir. Bachnas, M.Sc., selaku Dosen Penguji tugas akhir.
3. Bapak Sukamto dan Pranoto selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Santoro dan Ibu Wiwik selaku karyawan Bagian Umum.

Akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Maret 2012

Penulis

Hanafi Zakaria

ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas memberikan dampak terhadap permintaan untuk membangun infrastruktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Oleh karena itu diperlukan alternatif-alternatif dalam pemilihan agregat halus yang digunakan pada perkerasan jalan khususnya pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus pada campuran AC-BC berdasarkan spesifikasi Bina Marga, 2010.

Penelitian dilakukan dalam 4 tahap, yaitu tahap pertama menentukan kadar aspal optimum pada semua proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap total agregat halus. Tahap kedua melakukan uji *Marshall* standar dan *Immersion* pada kadar aspal optimum. Tahap ketiga melakukan uji *Indirect Tensile Strength*. Tahap keempat melakukan analisis dan pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum agregat halus Sungai Bengawan Solo layak digunakan sebagai agregat halus untuk campuran AC-BC pada proporsi tertentu. Namun memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan agregat halus Clereng. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian *Marshall*, *Index of Retained Strength*, dan *Indirect Tensile Strength*. Hasil pengujian *Marshall* memperlihatkan bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran AC-BC menghasilkan nilai stabilitas, *flow*, VFWA, *density* yang semakin menurun dan nilai *marshall quotient*, VITM, dan VMA yang semakin meningkat. Hasil pengujian *Index of Retained Strength* dan *Indirect Tensile Strength* juga memperlihatkan bahwa peningkatan proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo pada campuran AC-BC menghasilkan nilai *Index of Retained Strength* dan *Indirect Tensile Strength* yang semakin menurun. Proporsi optimum penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran AC-BC yaitu pada proporsi 25% terhadap total agregat halus.

Kata Kunci : *Marshall*, *Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, *Index of Retained Strength*, Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*, VITM, VFWA, VMA, *Density*

ABSTRACT

The increases of traffic volume gives an impact on the demand of road pavement infrastructure and the material used. Therefore alternatives of fine aggregate used in road pavement are needed, in particular mixture of Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). The aim of this research is to investigate the possible usage of Bengawan Solo River's fine aggregate as a substitute for fine aggregate in the mix Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) base on the specification of Bina Marga, 2010.

The research was conducted in four phases, namely the first phase determines the optimum bitumen content in proportions of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of Bengawan Solo River's fine aggregate to the total weight of fine aggregate. The second phase did Marshall standards test and Immersion test at optimum bitumen content. The third phase conducts the Indirect Tensile Strength test. The fourth phase did the analysis and discussion of test results that have been done.

The results showed that in general the Bengawan Solo River's fine aggregate can be used an alternative of fine agregate in the AC-BC mixture. However it has a lower quality than that with of Clereng's fine aggregate. This is shown on the test results of Marshall test, Index of Retained Strength, and Indirect Tensile Strength test. It was shown from Marshall test that the greater substitute precentage of fine aggregate from Clereng's fine aggregate to Bengawan Solo River's fine aggregate into the mix Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC), the lower stability, flow, VFWA, density and the higher quotient, VITM, and VMA. This was also shown from Index of Retained Strength and Indirect Tensile Strength test that the increasing of Bengawan Solo River's fine aggregate propotion on the Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mixture led in the decreasing of Index of Retained Strength and Indirect Tensile Strength. The optimum propotion of Bengawan Solo River's fine aggregate was found of 25% of the total fine agregate.

Keywords : *Marshall, Immersion, Indirect Tensile Strength, Indek of Retained Strength, Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VITM, VFWA, VMA, Density*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat pesat akan memberikan dampak terhadap permintaan untuk membangun struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Terutama untuk kondisi di Indonesia dimana beban lalu lintas yang berlebihan sering terjadi sehingga perlu adanya pertimbangan-pertimbangan khusus dalam melakukan perencanaan campuran aspal termasuk diantaranya komposisi campuran agregat halus dan agregat kasar maupun *filler* dengan demikian performa perkerasan jalan yang baik sangat dibutuhkan.

Beberapa jenis campuran beraspal panas yang umum digunakan di Indonesia antara lain : AC (*Asphaltic Concrete*) atau Laston (lapis aspal beton), HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau Lataston (lapis tipis aspal beton), dan HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) atau Latasir (lapis tipis aspal pasir).

Pada saat sekarang ini, pemakaian lapisan aspal beton atau *asphaltic concrete* sudah semakin banyak digunakan. Penggunaan tipe perkerasan lain dengan permukaan kasar seperti perkerasan tipe penetrasi *Macadam* sudah mulai ditinggalkan. Laston yang dibuat sebagai campuran panas (*hot mix*) merupakan konstruksi pendukung dari perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan merupakan konstruksi perkerasan yang paling umum digunakan. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Lapisan aspal beton (AC) dapat dibedakan menjadi dua jenis tergantung fungsinya pada konstruksi perkerasan jalan, yaitu sebagai lapis permukaan atau lapis aus (*AC-Wearing Course*) dan sebagai lapis pondasi (*AC-Base, AC-Binder*,

ATB (Asphalt Treated Base)). Dalam penelitian ini, campuran aspal beton yang digunakan adalah *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.

Agregat halus Sungai Bengawan Solo telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan jalan dan bahan bangunan. Secara umum bila dilihat dari segi visual agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki bentuk yang bulat. Hal ini akan berdampak pada hasil *Marshall Stability* bila digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Menurut sepengetahuan penulis, agregat halus Sungai Bengawan Solo belum pernah dilakukan penelitian tentang kelayakannya sebagai bahan perkerasan jalan. Oleh karena itu, agregat halus Sungai Bengawan Solo perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah agregat halus Sungai Bengawan Solo layak digunakan sebagai bahan perkerasan jalan menurut persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010.

Atas pertimbangan di atas maka akan dicoba dilakukan penelitian tentang penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Agregat tersebut diambil di Sungai Bengawan Solo, Cepu, Jawa Tengah.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut.

1. Apakah pemanfaatan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* dapat memenuhi persyaratan Bina Marga, 2010 ?
2. Berapa besar proporsi optimum penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* ?
3. Bagaimanakah sifat-sifat dan karakteristik *Marshall Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti ?
4. Bagaimanakah sifat-sifat dan karakteristik *Immersion Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti ?

5. Bagaimanakah sifat-sifat dan karakteristik *Indirect Tensile Strength Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti ?

1.3 TUJUAN

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kelayakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan *Marshall Test*.
2. Mendapatkan proporsi optimum penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC).
3. Mengetahui sifat-sifat dan karakteristik *Marshall Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti.
4. Mengetahui sifat-sifat dan karakteristik *Immersion Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti.
5. Mengetahui sifat-sifat dan karakteristik *Indirect Tensile Strength Test* campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pengganti.

1.4 MANFAAT

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama belajar dibangku kuliah terutama tentang bahan perkerasan jalan.
2. Menambah pengetahuan yang lebih mendalam tentang pemanfaatan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC).

1.5 BATASAN PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka untuk menghindari terjadinya penyimpangan pembahasan perlu dibuat pembatasan penelitian. Batasan-batasan penelitian yang perlu digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

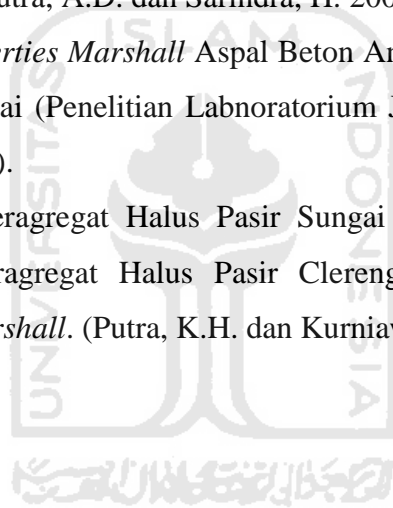
1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Agregat halus pengganti yang digunakan berasal dari agregat halus Sungai Bengawan Solo, Cepu, Jawa Tengah.
3. Agregat kasar, agregat halus dan *filler* berasal dari Clereng, Kabupaten Kulon Progo.
4. Gradasi yang digunakan mengacu pada Bina Marga, 2010.
5. Gradasi rencana menggunakan gradasi tengah.
6. Agregat kasar yang digunakan yaitu tertahan saringan No. 8 (2,36 mm), agregat halus yang digunakan yaitu lolos saringan no. 8 (2,36 mm), dan *filler* lolos saringan No. 200 (0,075 mm). (Bina Marga, 2010).
7. Berat total campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) adalah 1200 gram.
8. Aspal yang digunakan adalah AC 60/70 produksi dari Pertamina dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5% terhadap berat total campuran 1200 gram.
9. Proporsi rencana penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari jumlah kebutuhan agregat halus.
10. Perencanaan campuran aspal beton dalam penelitian ini ditujukan untuk melayani tingkat kepadatan lalu lintas berat, dengan jumlah tumbukan sebanyak 2x75.
11. Pengujian menggunakan metode *Marshall Test*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength Test*.
12. Tidak memperhitungkan aspek biaya.

1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Menurut sepengetahuan penulis, penelitian tentang penggunaan pasir Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) belum ada yang meneliti terutama di Universitas Islam Indonesia.

Adapun penelitian-penelitian yang serupa yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh Penggunaan Pasir Kali Krasak pada Campuran Beton Aspal. (Hendri, A.J. dan Nugroho, D. 1996).
2. Tinjauan Karakteristik *Marshall* pada Campuran Laston Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Teluk Penyus Cilacap Dibandingkan dengan Agregat Clereng. (Saputra, A.D. dan Sarindra, H. 2006).
3. Perbedaan Nilai *Properties Marshall* Aspal Beton Antara Agregat Halus Pasir Pantai dan Pasir Sungai (Penelitian Laboratorium Jalan Raya). (Ifana, Y.C. dan Nurhidayati, 2004).
4. Komparasi Laston Beragregat Halus Pasir Sungai Kuning Hulu dan Hilir Terhadap Laston Beragregat Halus Pasir Clereng Kulon Progo Dengan Menggunakan Uji *Marshall*. (Putra, K.H. dan Kurniawan, F. 2005).



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 ASPAL

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua yang berfungsi sebagai bahan ikat suatu struktur perkerasan. Aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltnes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltnes* merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oil*, yang larut dalam *heptane*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat yang memberikan sifat *adhesi* dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. *Oil* adalah cairan yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*. Proporsi dari *asphaltenes*, *resins*, dan *oil* berbeda-beda, tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatannya dan ketebalan lapisan aspal dalam campuran. (Sukirman S, 1992).

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun.

Aspal merupakan bahan yang mudah teroksidasi. Pada udara terbuka, aspal akan mudah beroksidasi dengan udara yang banyak mengandung oksigen. Sehingga lama kelamaan permukaan aspal secara perlahan akan menjadi keras, getas, dan akan kehilangan sifat kohesinya.

2.2 AGREGAT

Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70%

sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal. Berdasarkan hal tersebut, maka daya dukung dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga oleh sifat agregat. (Sukirman, S, 1992).

Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah lagi dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga didapatkan ukuran sebagaimana dikehendaki dalam campuran. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

2.3 BAHAN PENGISI / FILLER

Filler adalah salah satu dari bahan lapis keras yang berupa butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu, kapur padam, semen *Portland* atau bahan lain.

Fungsi bahan pengisi (*Filler*) adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya.

Menaikkan kuantitas bahan pengisi akan menyebabkan meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran, namun ada batasnya. Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

2.4 ASPAL BETON / ASPHALT CONCRETE (AC)

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C,

sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hot mix*.

Aspal beton harus memiliki karakteristik dalam pencampuran yaitu stabilitas, keawetan atau *durabilitas*, kelenturan atau *fleksibilitas*, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan. Ketujuh sifat aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi, daripada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

2.4.1 Fungsi Aspal Beton

Fungsi Aspal Beton adalah (Bina Marga, 1987) :

1. mendukung beban lalu lintas,
2. melindungi konstruksi dibawahnya dari pengaruh yang merusak seperti air dan cuaca, dan
3. sebagai lapis aus.

2.4.2 Sifat-Sifat Aspal Beton

Sifat-sifat yang harus dimiliki aspal beton adalah (Bina Marga, 1987) :

1. mampu menahan keausan yang disebabkan oleh lalu lintas,
2. kedap air,
3. mempunyai nilai structural,
4. mempunyai stabilitas tinggi, dan
5. peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

2.5 HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

Beberapa penelitian tentang penggunaan agregat, baik agregat kasar maupun halus menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing tempat asal bahan /

material. Berikut ini adalah hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan.

1. Hendri, A.J. dan Nugroho, D. (1996) dalam penelitian Tugas Akhir *Pengaruh Penggunaan Pasir Kali Krasak pada Campuran Beton Aspal*. Hasil dari penelitian adalah setelah dilakukan serangkaian pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus pasir Kali Krasak serta Kali Progo dan aspal maka bahan-bahan tersebut diketahui sesuai dengan persyaratan yang ditentukan spesifikasi Laston dan Bina Marga sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi aspal beton. Terjadi perbedaan optimum kadar aspal untuk campuran beton aspal dari pasir Kali Krasak dan Kali Progo, yaitu kadar aspal optimum penggunaan pasir Kali Krasak 5,9% dan kadar aspal optimum penggunaan pasir kali Progo adalah 5,675%.
2. Saputra, A.D. dan Sarindra, H. (2006) dalam penelitian Tugas Akhir *Tinjauan Karakteristik Marshall pada Campuran Laston Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Teluk Penyus Cilacap Dibandingkan dengan Agregat Clereng*. Berikut ini hasil yang didapatkan setelah melakukan penelitian.
 - a. Campuran beton aspal dengan menggunakan bahan penyusun agregat kasar dan agregat halus asal Wangon yang biasa digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan khususnya di wilayah Kabupaten Cilacap, mempunyai nilai persyaratan campuran Laston Bina Marga 1987 di bawah campuran beton aspal dengan bahan penyusun agregat kasar dan agregat halus dari Clereng, meskipun demikian perbedaan nilai tersebut tidak terlalu besar.
 - b. Campuran dengan bahan penyusun agregat kasar dari Wangon dan agregat halus pasir Pantai Teluk Penyus Cilacap pada saat kadar aspal optimum mempunyai nilai persyaratan campuran Laston Bina Marga 1987 cenderung turun dengan bertambahnya proporsi pasir pantai.
 - c. Variasi proporsi pasir pantai yang masih masuk dalam persyaratan campuran Laston Bina Marga 1987 adalah 25% dan sifat campuran Laston memiliki stabilitas yang besar (862,78 kg) dan fleksibilitas yang kecil (2,10) sehingga mudah mengalami retak (*cracking*).

- d. Semua campuran Laston baik yang menggunakan pasir pantai dan tanpa penambahan pasir pantai memenuhi persyaratan indeks kekuatan sisa *Marshall* spesifikasi Bina Marga 1987, untuk agregat Wangon masih mampu mempertahankan stabilitas setelah melalui proses perendaman selama 24 jam dengan nilai indeks sisa *Marshall* 99,155% dan campuran yang menggunakan variasi proporsi pasir pantai 100% masih mampu mempertahankan nilai stabilitas dengan nilai indeks sisa *Marshall* 96,792%.
3. Ifana, Y.C. dan Nurhidayati, (2004) dalam penelitian Tugas Akhir *Perbedaan Nilai Properties Marshall Aspal Beton Antara Agregat Halus Pasir Pantai dan Pasir Sungai (Penelitian Laboratorium Jalan Raya)*. Berikut ini hasil yang didapatkan setelah melakukan penelitian.
 - a. Hasil dari penelitian adalah setelah dilakukan serangkaian percobaan terhadap agregat kasar dan agregat halus Clereng Kulon Progo, agregat halus Sungai Bebeng, agregat halus Pantai Pandansimo dan aspal, maka bahan-bahan tersebut diketahui sesuai dengan persyaratan yang ditentukan spesifikasi Laston dan Bina Marga sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi aspal.
 - b. Campuran Laston agregat standar + pasir standar memiliki nilai stabilitas tertinggi dan nilai *flow*-nya tertinggi juga, tetapi memiliki nilai VFWA yang kecil yang berarti selimut aspalnya tipis dan nilai VITM-nya yang besar akan mengakibatkan beton aspal berkurang kedepan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal.
 - c. Campuran Laston agregat standar + pasir pantai memiliki nilai stabilitas terendah dan nilai *flow*-nya medium. Nilai VFWA dan nilai VMA yang tinggi membuat selimut aspal lebih tebal dan nilai VITM yang rendah menyebabkan durabilitasnya tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* akan menjadi besar.
 - d. Campuran Laston agregat standar + pasir sungai memiliki nilai stabilitas yang cukup tinggi/medium dan nilai *flow*-nya yang terendah sehingga

campuran cenderung kaku dan mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Nilai VMA-nya yang rendah mengakibatkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis perkerasan tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak.

4. Putra, K.H. dan Kurniawan, F. (2005) penelitian Tugas Akhir *Komparasi Laston Beragregat Halus Pasir Sungai Kuning Hulu dan Hilir Terhadap Laston Beragregat Halus Pasir Clereng Kulon Progo Dengan Menggunakan Uji Marshall*. Berikut ini hasil yang didapatkan setelah melakukan penelitian.
 - a. Hasil dari penelitian adalah setelah dilakukan serangkaian percobaan terhadap agregat kasar dan agregat halus Clereng Kulon Progo, agregat halus Sungai Kuning Hulu, agregat halus Sungai Kuning Hilir dan aspal, maka bahan-bahan tersebut diketahui sesuai dengan persyaratan yang ditentukan spesifikasi Laston dan Bina Marga sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi aspal.
 - b. Campuran Laston agregat kasar Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus Clereng Kulon Progo memiliki nilai stabilitas tertinggi (1280,194 kg) dan nilai *flow*-nya terkecil (1,924 mm), tetapi memiliki nilai VFWA yang medium (75,5494%) yang berarti selimut aspalnya tipis dan nilai VITM-nya yang medium akan mengakibatkan beton aspal berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal.
 - c. Campuran Laston agregat Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus pasir Sungai Kuning hulu memiliki nilai stabilitas medium (1234,264 kg) dan nilai *flow*-nya medium (2,126 mm). Nilai VMA (18,5744%) dan nilai VITM (6,7962%) yang tinggi membuat selimut aspal lebih tebal dan nilai VFWA yang rendah (71,644%) menyebabkan durabilitasnya tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* akan menjadi besar.
 - d. Campuran Laston agregat Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus pasir Sungai Kuning hilir memiliki nilai stabilitas yang rendah (1145,2 kg)

dan nilai *flow*-nya yang tertinggi (2,24 mm) sehingga campuran cenderung kaku dan mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Nilai VMA-nya yang medium (17,02%) mengakibatkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis perkerasan tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak.

- e. Nilai *density* pada campuran Laston agregat kasar Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus Clereng Kulon Progo telah mencapai nilai yang optimum, sedangkan campuran Laston agregat Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus pasir Sungai Kuning hulu dan campuran Laston agregat Clereng Kulon Progo ditambah agregat halus pasir Sungai Kuning hilir belum mencapai nilai optimum karena kadar aspal yang digunakan belum mencukupi untuk kebutuhan aspal.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 KONSTRUKSI PERKERASAN JALAN

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar (*subgrade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban lalu lintas sehingga jalan tersebut nyaman dan aman.

Jenis perkerasan biasanya dikelompokkan berdasarkan jenis lapisan permukaannya. Ada tiga jenis perkerasan yang telah dikenal secara luas, yaitu perkerasan kaku, lentur dan komposit. Selain perbedaan bahan pembentuknya, perbedaan utama adalah pendistribusian beban yang diterima oleh lapisan bawahnya.

Tiga jenis perkerasan tersebut diuraikan sebagai berikut.

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku terdiri atas plat (*slab*) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Dengan demikian faktor utama yang memberikan kekuatan struktural pada perkerasan kaku adalah beton. Oleh sebab itu sedikit perubahan pada kekuatan tanah dasar tidak memberikan pengaruh yang berarti pada kekuatan struktural perkerasan. Walaupun demikian, retak akan menjadi masalah utama bila tanah dasar tidak mampu mendukung plat beton.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan dari agregat yang biasanya diikat dengan bahan pengikat aspal. Pendistribusian beban yang diteruskan oleh perkerasan

ini tergantung pada tingkat kekuatan dari lapisan-lapisan pembentuknya. Kekuatan perkerasan ini tergantung pada tebal dan kekuatan lapisan pembentuknya dan daya dukung tanah dasar. Oleh karena itu sifat-sifat bahan, ketebalan dan daya dukung tanah dasar adalah parameter perencanaan yang kritikal. Karena sifat bahan pengikat aspal yang *viskolastis*, kendala utama pada perkerasan tipe ini adalah cepatnya terjadi kerusakan berupa retak dan atau deformasi plastis yang disebabkan oleh pengaruh panas dan beban.

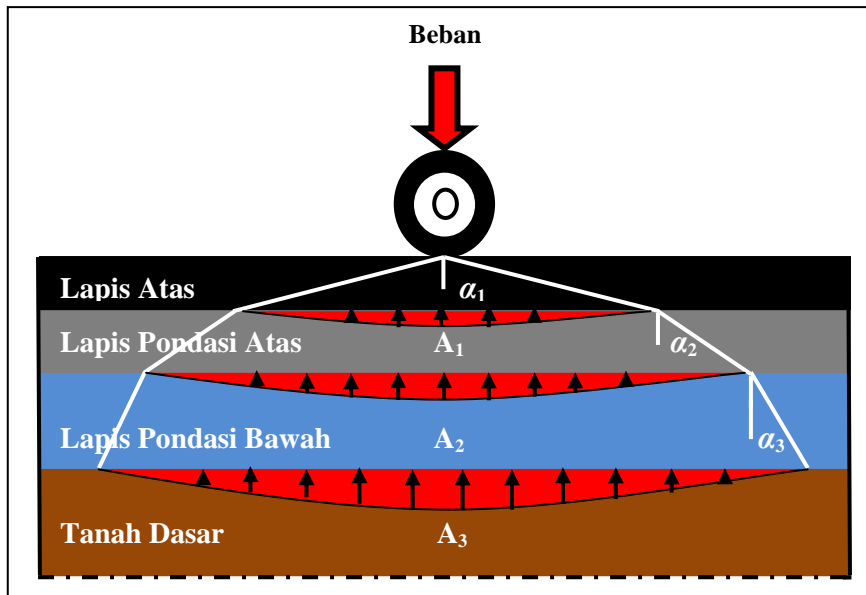
3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.

3.2 KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*)

Perkerasan lentur merupakan konstruksi perkerasan yang terdiri dari lapisan-lapisan perkerasan yang dihampar di atas tanah dasar yang dipadatkan. Lapisan perkerasan tersebut dapat menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Kekuatan konstruksi perkerasan ini ditentukan oleh kemampuan penyebaran tegangan dari setiap lapisannya, yang ditentukan oleh tebal lapisan tersebut dan kekuatan tanah dasarnya.

Sesuai dengan namanya, perkerasan lentur ini bila diberikan beban maka perkerasan akan melendut / melentur. Struktur perkerasan lentur ini terdiri atas beberapa lapisan dengan material tertentu, dimana masing-masing lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya. Pada lapisan struktur perkerasan dibawahnya akan menerima / mendukung beban yang lebih ringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Distribusi Beban pada Perkerasan Lentur

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2008 (digambar ulang)

Konstruksi perkerasan terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Berdasarkan gambar di atas, beban P dilimpahkan ke perkerasan jalan, beban tersebut di terima oleh lapis permukaan kemudian beban tersebut berlanjut ke lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan tanah dasar. Semakin ke dalam lapisan, beban P akan semakin kecil, karena pengaruh tebal lapisan, mutu material yang kompak ($\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$), serta luas bidang kontak yang semakin ke bawah semakin luas ($A_1 < A_2 < A_3$).

Sudut penyebaran tanah dipengaruhi oleh kualitas bahan masing-masing, makin baik kualitas bahan suatu lapisan maka sudut penyebaran pembebanannya semakin luas dan sebaliknya jika makin rendah kualitas bahannya, maka sudut penyebaran pembebanan akan semakin kecil.

3.2.1 Lapisan-Lapisan pada Sistem Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

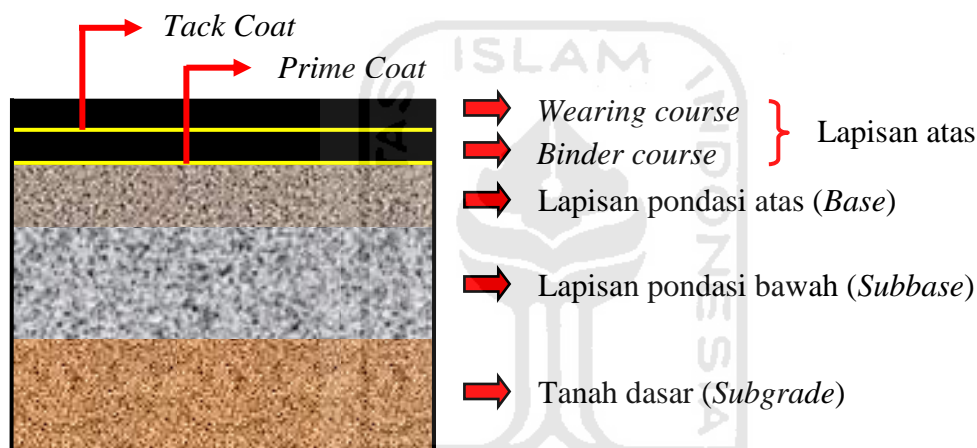
Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan

fungsinya yaitu, untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya.

Umumnya bagian-bagian lapisan perkerasan tersebut terdiri dari lapisan-lapisan seperti dibawah ini.

1. Tanah dasar (*Subgrade*)
2. Lapisan pondasi bawah (*Subbase*)
3. Lapisan pondasi atas (*Base*)
4. Lapisan atas

Adapun tiap-tiap lapisan tersebut dapat digambarkan pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Lapisan-Lapisan pada Perkerasan lentur

1. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapisan perkerasan melalui roda-roda kendaraan selanjutnya disebarkan ke lapisan-lapisan dibawahnya dan terakhir diterima oleh tanah dasar. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan).

2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah ini antara lain sebagai berikut.

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi atas.
- d. Sebagai lapisan peresapan (*drainage blanket sheet*) agar air tanah tidak mengumpul di pondasi maupun di tanah dasar.
- e. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat berat atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

3. Lapisan Pondasi Atas (*Base*)

Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapisan permukaan. Fungsi dari lapis pondasi atas ini antara lain sebagai berikut.

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.
- c. Memberikan bantalan terhadap lapisan permukaan.

4. Lapis Resap Pengikat / Lapis Perekat (*Prime Coat / Tack Coat*)

Prime coat adalah laburan aspal pada permukaan yang belum beraspal berfungsi untuk memberi ikatan antara permukaan tersebut dengan lapisan perkerasan di atasnya, sedangkan *tack coat* adalah laburan aspal pada permukaan yang sudah beraspal, berfungsi untuk memberi ikatan antara permukaan tersebut dengan lapisan perkerasan di atasnya.

5. Lapisan Atas

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan terletak paling atas. Fungsi dari lapis permukaan ini antara lain sebagai berikut.

- a. Sebagai bagian perkerasan untuk menahan gaya lintang dari beban roda kendaraan.
- b. Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

3.3 KARAKTERISTIK PERKERASAN LENTUR

Perkerasan jalan raya harus memenuhi karakteristik tertentu, sehingga didapatkan lapisan perkerasan yang kuat, aman, dan nyaman. Karakteristik perkerasan yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut.

3.3.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping 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 :

1. agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*),
2. agregat dengan permukaan yang kasar,
3. aspal dengan penetrasi rendah, dan

4. aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

Agregat dengan gradasi yang baik atau bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate*) yang kecil yang menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *Void in mineral aggregate* (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 the total mix* (VITM)) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*.

3.3.2 Keawetan / Daya Tahan (*Durability*)

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 sebagai berikut.

1. VITM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
2. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VITM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
3. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan potensi terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3.3.3 Kelenturan (*Fleksibility*)

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 beberapa cara seperti dibawah ini.

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VITM yang kecil.

3.3.4 Kekesatan (*Skid Resistance*)

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 beberapa hal seperti dibawah ini.

1. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
2. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
3. Penggunaan agregat berbentuk kubus.
4. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

3.3.5 Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

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

1. VITM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

3.3.6 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh beberapa hal dibawah ini.

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

3.3.7 Kekedapan Terhadap Air (*Permeability*)

Perkerasan lentur memerlukan sifat kedap terhadap air agar tidak mudah terjadi oksidasi, sehingga lapis perkerasan tidak cepat rusak.

3.4 BAHAN PERKERASAN

Secara umum material bahan penyusun perkerasan lentur adalah agregat, aspal, dan *filler*. Oleh karena itu, sebelum material tersebut digunakan untuk bahan dasar penyusun konstruksi perkerasan lentur, maka sifat-sifat dari material tersebut harus diketahui terlebih dahulu, karena sifat material tersebut mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi.

3.4.1 Agregat

Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Oleh karena itu, agregat merupakan salah satu komponen yang penting dalam sebuah konstruksi perkerasan jalan. Secara umum agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm). (Bina Marga, 2010). Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih

stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran (*particle shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *binder course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi.

Adapun persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI 1969 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1969 : 2008	< 3
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	SNI-06-2439-1991	> 95
4	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	SNI 2417 : 2008	< 40

Sumber : Bina Marga, 2010

2. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm). (Bina Marga, 2010). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekasaran permukaan butiran).

Adapun persyaratan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis (%)	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1970 : 2008	< 3
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	SNI 3423 : 2008	> 50

Sumber : Bina Marga, 2010

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal, dan kebersihan.

1. Ukuran dan Gradasi

Menurut Bina Marga (2010), ukuran butiran agregat dapat dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu :

- a. Agregat kasar, yaitu butiran yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
- b. Agregat halus, yaitu butiran yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
- c. Bahan pengisi / *filler*, adalah butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan yaitu melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat.

Gradasi merupakan hal yang penting dalam menentukan kualitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Macam - macam gradasi agregat dapat dibedakan menjadi :

a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama atau sejenis atau mengandung butir halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.

Sifat - sifatnya adalah :

- 1) kontak antar butir baik,
- 2) kecepatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi, dan
- 3) stabilisasi dalam keadaan terbatas (*confined*).

b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang

Sifat - sifatnya adalah :

- 1) kontak antar butir baik,
- 2) seragam dan kepadatan tinggi, dan
- 3) stabilitas tinggi.

c. Gradasi Timpang (*Poorly Graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas.

Sifat - sifatnya adalah :

- 1) kontak antar butir jelek,
- 2) seragam tetapi kepadatan jelek, dan
- 3) stabilitas sedang.

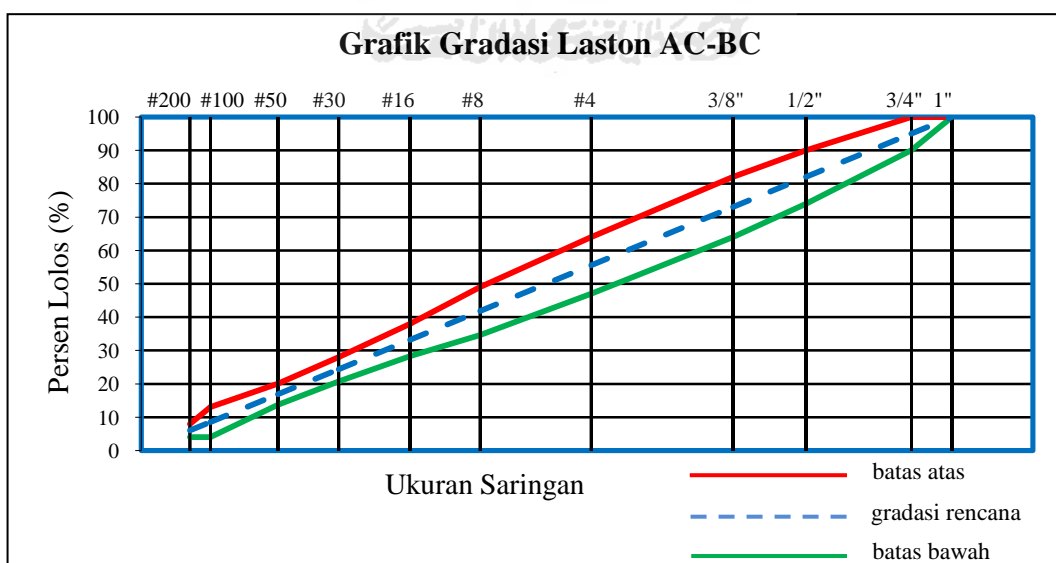
Gradasi yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) adalah jenis Laston Gradasi Halus yang ditunjukkan pada Tabel 3.3,

perhitungan % tertahan gradasi rencana dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai dengan Lampiran 13, sedangkan grafik gradasi campuran Laston AC-BC dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Gradasi Laston AC-BC

Ukuran Saringan			% Berat yang Lolos	Gradasi Rencana	
				% Lolos	% Tertahan
1 "	25	mm	100	100	0
3/4 "	19	mm	90 - 100	95	5
1/2 "	12,5	mm	74 - 90	82	18
3/8 "	9,5	mm	64 - 82	73	27
No. 4	4,75	mm	47 - 64	55,50	44,50
No. 8	2,36	mm	34,6 - 49	41,80	58,20
No. 16	1,18	mm	28,3 - 38	33,15	66,85
No. 30	0,600	mm	20,7 - 28	24,35	75,65
No. 50	0,300	mm	13,7 - 20	16,85	83,15
No. 100	0,150	mm	4 - 13	8,50	91,50
No. 200	0,075	mm	4 - 8	6	94

Sumber : Bina Marga, 2010



Gambar 3.3 Grafik Gradasi Campuran Laston AC-BC

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

2. Kekerasan dan Ketahanan

Batuan yang digunakan untuk konstruksi lapis perkerasan harus cukup keras, tetapi juga disertai dengan kekuatan terhadap degradasi yang mungkin timbul selama proses pencampuran, penghamparan, dan pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi antara lain sebagai berikut.

- a. Agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar daripada agregat yang lebih keras.
- b. Gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar daripada gradasi timpang.
- c. Partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih kecil daripada partikel yang bersudut.
- d. Energi pemadatan yang lebih besar akan mengakibatkan degradasi pada butiran agregat.

3. Bentuk (*Shape*)

Bentuk butiran adalah faktor yang sangat penting untuk mendapatkan gaya gesek antara batuan dan perkerasan, disamping itu bentuk butiran juga berpengaruh terhadap stabilitas konstruksi perkerasan jalan. Bentuk butiran yang kasar akan menghasilkan sudut dalam yang besar daripada bentuk butiran yang permukaannya halus, dengan adanya ikatan yang baik antar partikel maka perkerasan akan lebih mampu menahan deformasi yang timbul akibat beban lalu lintas yang terjadi.

4. Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan dari bahan batuan dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

- a. Batuan kasar (*rough*), memberikan *internal friction*, *skid resistance*, serta kelekatan aspal yang baik pada campuran, biasanya batu pecah memiliki *surface texture* yang kasar.
- b. Batuan halus (*smooth*), mudah dilapisi aspal tetapi *internal friction* dan kelekatananya kurang baik dibandingkan dengan bahan kasar.
- c. Bahan mengkilat (*polished*), memberikan *internal friction* yang rendah sekali dan sulit dilapisi aspal.

5. Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan, dan pemakaian aspal dalam campuran. Semakin banyak pori batuan maka semakin kecil kekuatan dan kekerasannya serta memerlukan aspal yang lebih banyak, selain itu pori batuan banyak mengandung air dan air ini akan sulit dihilangkan sehingga mengganggu kelekatan aspal dan batuan.

6. Kelekatan Terhadap Aspal

Faktor-faktor yang berpengaruh adalah *surface texture*, *surface area*, porositas.

7. Kebersihan

Bersihnya permukaan batuan dari bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangatlah penting, bahan-bahan tersebut dapat berupa lumpur, zat organik, partikel lempung dan sebagainya, karena substansi tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan.

3.4.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua yang berfungsi sebagai bahan ikat suatu struktur perkerasan. (Sukirman S, 1992).

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi

dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Buatan / Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas tingkat kekerasannya, yaitu :

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

Aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan panas. Dalam penyimpanan atau dalam kondisi dingin aspal memadat. Aspal semen dibedakan berdasarkan penetrasinya, yaitu : AC 45/60, AC 60/70, AC 80/100, AC 120/150.

2. Aspal Cair / *Cut Back Asphalt*

Aspal ini merupakan campuran antara aspal keras dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. RC (*Rapid Curing*) merupakan aspal keras yang dilarutkan dengan bensin.
- b. MC (*Medium Curing*) merupakan aspal keras dilarutkan dengan minyak tanah.
- c. SC (*Slow Curing*) merupakan aspal keras yang dilarutkan dengan solar.

3. Aspal Emulsi (*Emulsified Asphalt*)

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi lebih cair daripada aspal cair.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai berikut. (Sukirman S, 1992)

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

Pemilihan aspal sebagai bahan pengikat pada campuran panas (*hot mix*) harus memenuhi syarat, adapun persyaratan menurut Totomiharjo, S. (1995) adalah sebagai berikut.

1. Kekuatan / Kekerasan (*Stiffnes*)

Aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup yang berfungsi sebagai bahan jalan.

2. Mudah Dikerjakan (*Workability*)

Sifat mudah dikerjakan terutama pada pelaksanaan penggelaran dan pemadatan untuk memperoleh lapis perkerasan yang padat.

3. Kuat Tarik (*Tensile Strength*) dan Adhesi

Sifat kuat tarik dan adhesi diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap kerusakan, jika :

- a. Retak (*cracking*), ditahan oleh kuat tarik
- b. Pengelupasan (*freeting*), ditahan oleh adhesi
- c. Goyah (*raveling*), ditahan oleh kuat tarik dan adhesi

4. Tahan Terhadap Cuaca

Ketahanan terhadap cuaca diperlukan agar perkerasan tetap memiliki tahanan gesek (*skid resistance*).

Adapun persyaratan Aspal Keras AC 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	$\geq 1,0$
2	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 - 70
3	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI-06-2432-1991	≥ 100
4	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥ 232
5	Kelarutan dalam TCE (%)	ASTM D5546	≥ 99
6	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48

Sumber : Bina Marga, 2010

3.5 PARAMETER MARSHALL TEST

Pengujian *Marshall* adalah suatu metode pengujian untuk mengukur stabilitas dan kelelahan plastis campuran beraspal dengan menggunakan *Marshall*. Adapun beberapa parameter *Marshall Test* antara lain : stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), MQ (*Marshall Quotient*), VITM (*Void in the Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*).

3.5.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (*optimum*) dan turun setelah melampaui batas *optimum*, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dan dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas *optimum*. Stabilitas yang terlalu tinggi juga kurang baik mengingat perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas. (Sukirman S, 1992).

Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan arloji stabilitas pada *Marshall Test*. Nilai stabilitas ini harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi *proving*

ring alat dan koreksi ketebalan benda uji dengan bantuan tabel koreksi benda uji.

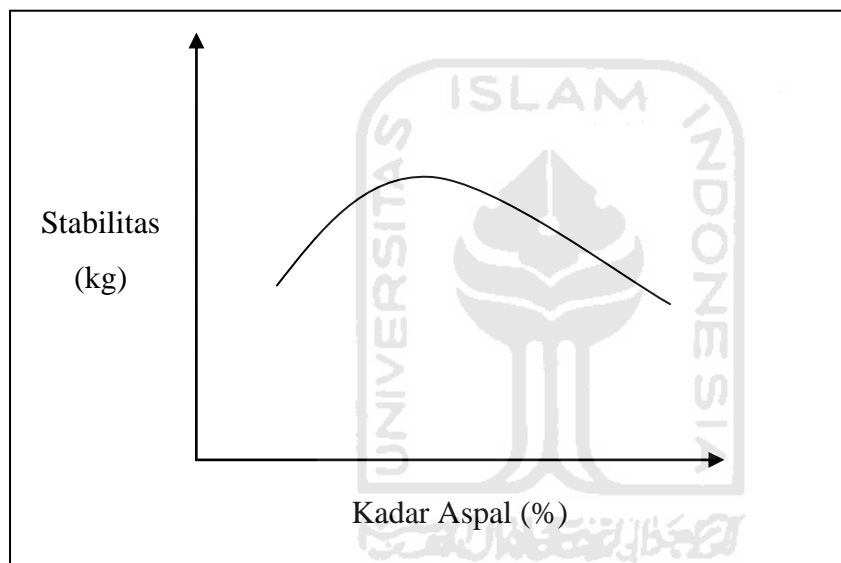
Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan persamaan 3.1, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

$$q = p \times s \quad (3.1)$$

Keterangan : q = angka stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = angka koreksi tebal benda uji



Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

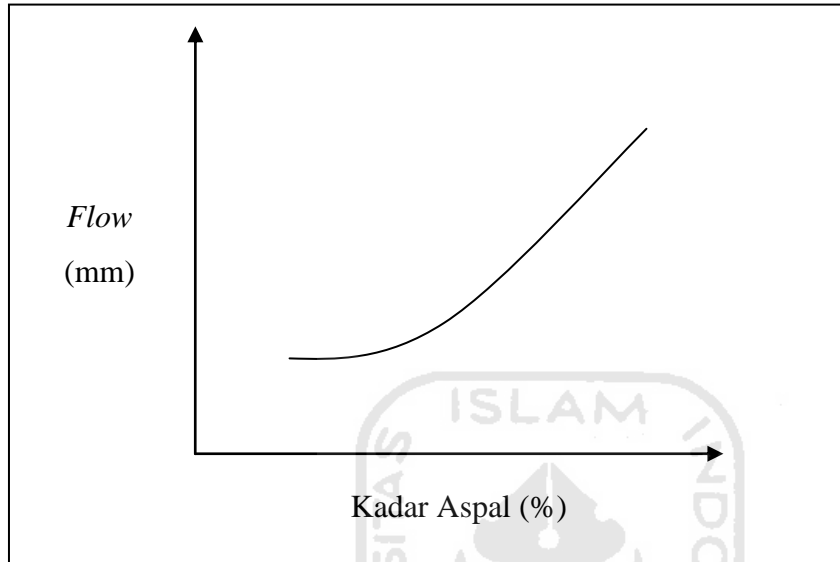
3.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang di terimanya. Nilai *flow* didapatkan dari pembacaan arloji *flow* saat *Marshall Test* berlangsung dalam satuan millimeter (mm).

Angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas. Biasanya nilai *flow* selalu bersebrangan dengan stabilitas. Nilai *flow* banyak dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, dan pemadatan. Nilai *flow*

meningkat seiring dengan peningkatan aspal, sehingga mengurangi gesekan antar agregat yang disebabkan selimut aspal yang lebih tebal.

Adapun grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow*

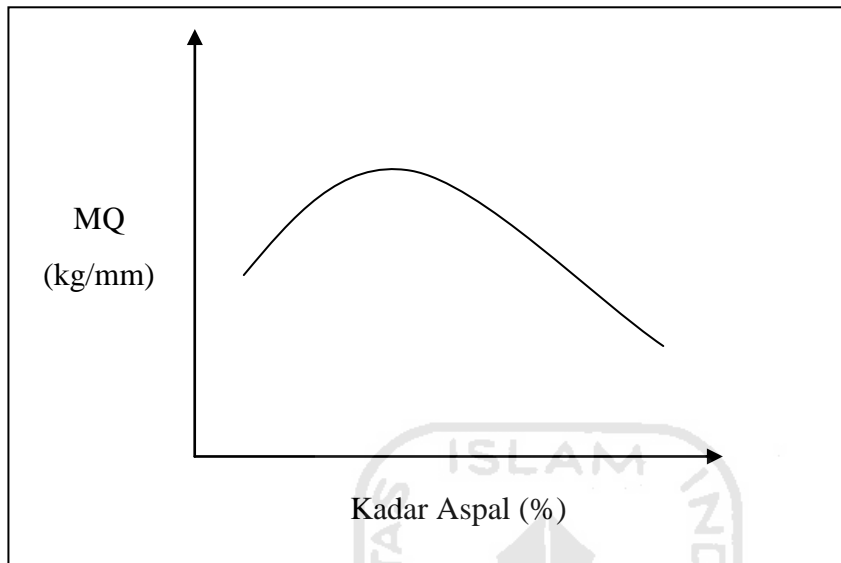
3.5.3 *Marshall Quotient*

Marshall Quotient yaitu perbandingan antara stabilitas dengan nilai flow. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Semakin besar besar nilai MQ, maka campuran akan bersifat kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka lapisan akan bersifat lentur / plastis.

Nilai MQ dapat diperoleh dari persamaan 3.2, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.2)$$

Keterangan : MQ = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)
 q = nilai stabilitas (kg)
 r = nilai *flow* (mm)



Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ

3.5.4 VITM (*Void in the Total Mix*)

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. Hal ini disebabkan oleh rongga antar agregat akan semakin terisi aspal. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Nilai VITM dapat diperoleh dari persamaan 3.3 dan 3.4, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.

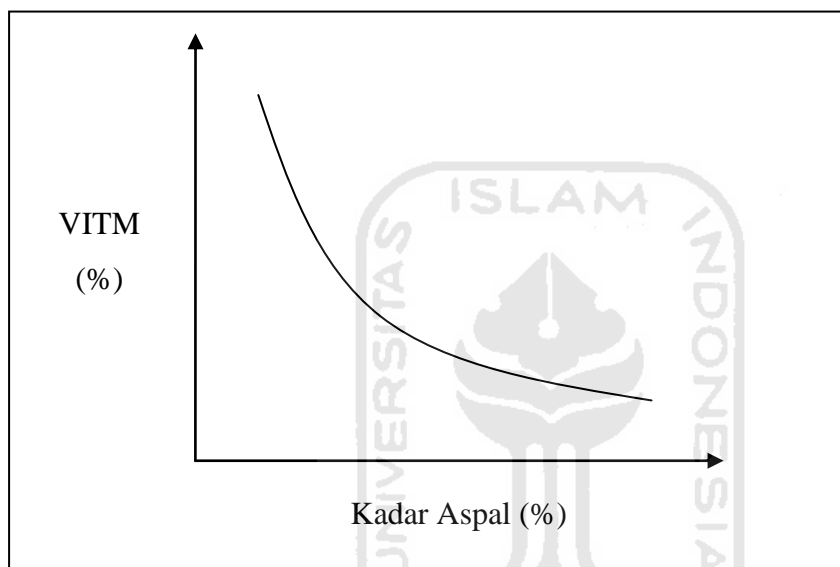
$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h} \right) \quad (3.3)$$

$$h = 100 - \left(\frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} \right)} \right) \quad (3.4)$$

Keterangan : n = nilai VITM

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran



Gambar 3.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM

3.5.5 VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA yaitu persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh (optimum). Semakin besar nilai VFWA, maka semakin banyak aspal yang terisi di dalam rongga, sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin besar juga. Sebaliknya semakin kecil nilai VFWA, maka kedekatan perkerasan terhadap air dan udara akan semakin kecil juga, sehingga aspal akan mudah teroksidasi sehingga keawetan akan berkurang.

Nilai rongga aspal terisi aspal terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi, sedangkan nilai VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Nilai VFWA dapat diperoleh dari persamaan 3.5 sampai 3.9, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.

1. Persentasi aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.5)$$

Keterangan : a = persentasi aspal terhadap batuan

b = persentasi aspal terhadap campuran

2. Persentasi aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.6)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.7)$$

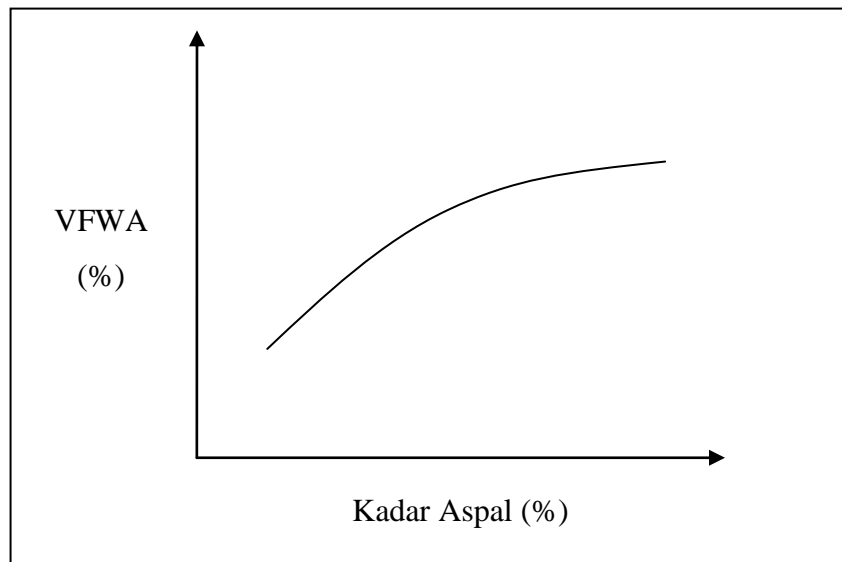
$$l = 100 - j \quad (3.8)$$

$$j = \left(\frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \right) \quad (3.9)$$

Keterangan : m = VFWA (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

b = persentase aspal terhadap campuran



Gambar 3.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA

3.5.6 VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Nilai VMA adalah rongga udara antar butiran agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif dinyatakan dalam persen terhadap campuran. Nilai rongga dalam mineral agregat pada umumnya mengalami penurunan hingga maksimum kemudian meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

Nilai VMA dapat diperoleh dari persamaan 3.10 dan 3.11, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.

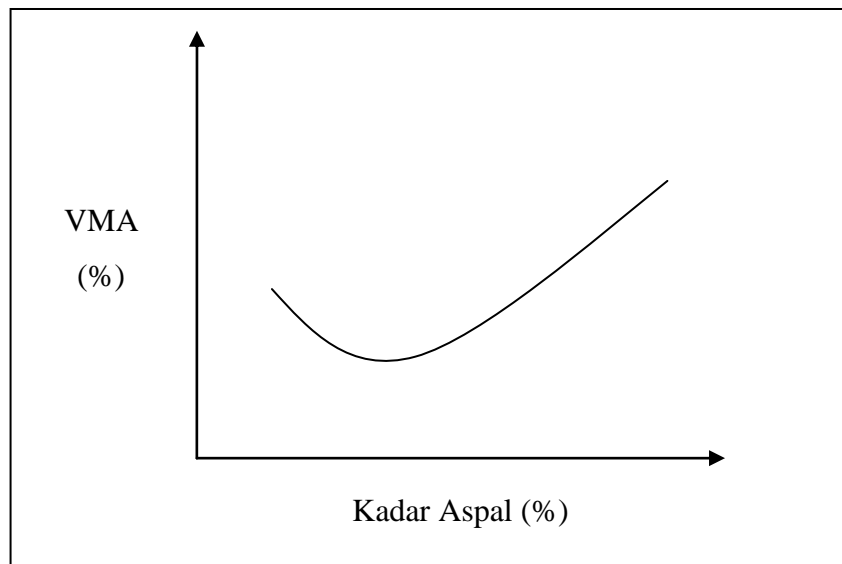
$$l = 100 - j \quad (3.10)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.11)$$

Keterangan : l = nilai VMA (%)

b = persentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)



Gambar 3.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

3.5.7 Kepadatan (*Density*)

Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density*, maka kerapatannya semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal.

Nilai *density* dapat diperoleh dari persamaan 3.12 dan 3.13, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.12)$$

$$f = d - e \quad (3.13)$$

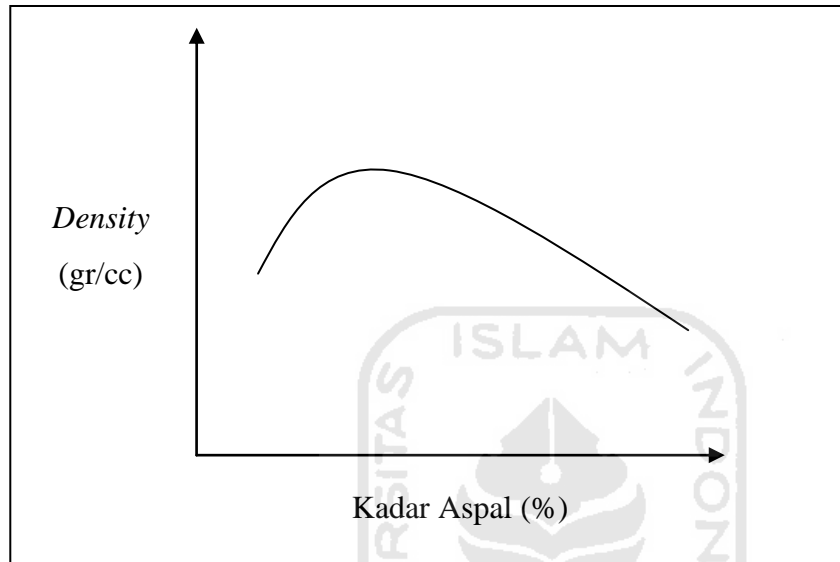
Keterangan : g = nilai *density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh / SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)



Gambar 3.10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Adapun persyaratan campuran Laston AC-BC dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Persyaratan Campuran Laston AC-BC

Sifat-sifat Campuran	Laston AC-BC
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rongga dalam campuran / VITM (%)	3,5 - 5
Rongga dalam Agregat / VMA (%)	> 14
Rongga Terisi Aspal / VFWA (%)	> 63
Stabilitas Marshall (kg)	> 800
Kelelehan / <i>Flow</i> (mm)	> 3
Marshall Quotient (kg/mm)	> 250

Sumber : Bina Marga, 2010

3.6 IMMERSION TEST

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini pada prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman saja yang berbeda. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 24 jam pada suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of retained strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_1). Seperti tercantum pada persamaan 3.14 dibawah ini.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan : S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

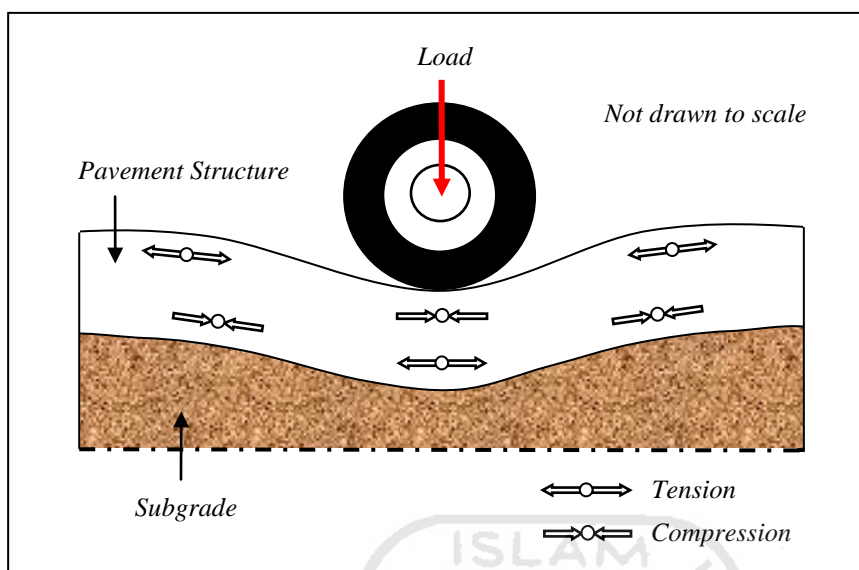
S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

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

3.7 INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST

Selama ini, pengujian campuran aspal di laboratorium hampir selalu menggunakan alat *Marshall*. Hal ini berarti *Marshall* diindikasikan sebagai kekuatan suatu material. Padahal kenyataan di lapangan, pada saat suatu beton aspal menerima beban kendaraan yang melintas di atasnya, beton aspal akan mendapatkan gaya tekan pada bagian atas dan akan mendapatkan gaya tarik pada bagian bawahnya. Untuk itu kemampuan material dalam menerima gaya tarik perlu diketahui, dalam hal ini dapat menggunakan alat *Indirect Tensile Strength*. Dengan mengetahui korelasi antara nilai *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* dapat diketahui apakah material yang mempunyai kemampuan memikul gaya tekan besar juga mempunyai kemampuan memikul gaya tarik besar juga.

Adapun mekanisme terjadinya gaya tarik dan tekan pada struktur perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Tekan pada Struktur Perkerasan Jalan

Sumber : *The Asphalt Institute*, 1970

Beban roda kendaraan diatas struktur perkerasan sebagai mana gambar di atas menimbulkan gaya tekan ke bawah. Beban roda yang berhenti atau bergerak memberikan gaya tekan sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Apabila lapisan melendut maka lapisan bagian atas terjadi gaya tekan dan sebaliknya lapisan bagian bawah terjadi gaya tarik. Akibat gaya tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah mengakibatkan retak. Retak terjadi dari bawah merambat ke atas.

Indirect Tensile Strength adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak dilapangan. Pengujian hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan hanyalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan *proving ring* sebagai beban tetapi menggunakan *strip loading* selebar 0,5 inch.

Indirect Tensile Strength Test dilakukan dengan cara membebani sebuah sampel silinder dengan sebuah beban (dial) diletakkan di atasnya yang bekerja sejajar dan sepanjang bidang vertikal. Pembebanan ini menghasilkan kuat tarik yang relatif merata sepanjang diameter bidang vertikal, yang mana akan

menyebabkan silinder akan mengalami kerusakan yaitu terjadinya keretakan sepanjang diameter vertikal. (Kennedy, TW, 1977).

Alasan-alasan utama kemudahan dalam pengujian *Indirect Tensile Strength* yaitu sebagai berikut. (Kennedy, TW, 1977).

1. Pengujian ini relatif sederhana.
2. Tipe sampel dan peralatan yang digunakan sama dengan sampel dan peralatan untuk pengujian lainnya.
3. Kerusakan tidak dipengaruhi oleh kondisi permukaan.

Menurut BSI (British Standards, 2003), langkah-langkah untuk menentukan *Indirect Tensile Strength Test* adalah sebagai berikut.

1. Memastikan beban dan benda uji sejajar selama pengujian.
2. Menentukan tinggi dan diameter benda uji.
3. Memastikan tempat untuk menguji benda uji suhunya tetap pada suhu 25°C.
4. Menurunkan beban dari tempatnya.
5. Melakukan pengawasan terhadap perubahan bentuk dan menentukan beban vertikal dari kerusakan benda uji.

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban.

$$ITS = \frac{P_{runtuh}}{h} \times A_0 \quad (3.15)$$

Keterangan : *ITS* = kuat tarik tidak langsung (kg/cm²)

P runtuh = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

A₀ = konstanta (tabel *A₀* terlampir pada lampiran)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Metode Penelitian adalah suatu cara untuk mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi variabel yang dilakukan untuk mencari pemecahan masalah dari pokok permasalahan yang akan diambil terhadap penelitian yang akan dilakukan. Kualitas penelitian yang diperoleh bergantung pada metode penelitian yang digunakan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *experiment* kausal, baik saat pengambilan data ataupun analisis data. Jenis penelitian kausal ini adalah metode penelitian sebab akibat, yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas yang dimaksud adalah pasir Sungai Bengawan Solo, sedangkan variabel tidak bebas yaitu karakteristik *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength*.

4.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL

Sampel merupakan bagian kecil dari seluruh bagian yang ada dan dapat memberikan gambaran akan sesuatu hal yang diperlukan seorang peneliti. Sampel diperlukan dalam sebuah penelitian untuk mengetahui kondisi campuran beton aspal, walaupun sampel tersebut belum tentu dapat memberikan gambaran kondisi campuran beton aspal sepenuhnya.

Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara *nonprobability sampling*. Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk ke dalam kelompok *purposive sampling*. *Purposive sampling* yaitu pengambilan sampel yang berdasarkan tujuan.

Beberapa pedoman yang perlu dipertimbangkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel sesuai dengan tujuan penelitian.
2. Sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria-kriteria tertentu yang sudah ditetapkan berdasarkan tujuan penelitian.

Peneliti melakukan pengambilan sampel agregat dan aspal yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Sedangkan pasir sebagai agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Sungai Bengawan Solo, Cepu, Jawa Tengah.

4.3 METODE PENGAMBILAN DATA

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui beberapa ketentuan yang disusun secara sistematis. Untuk mengumpulkan data sampel penelitian dilakukan dengan metode tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diperoleh dapat diambil dari beberapa sumber. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Sumber Primer

Sumber primer adalah data yang diperoleh dari sumber data, yaitu dengan cara *experiment* langsung dilakukan di lokasi penelitian. Langkah yang dilakukan antara lain sebagai berikut.

- a. Melakukan pemeriksaan bahan.
- b. Mencari Kadar Aspal Optimum.
- c. Melakukan pengujian *Marshall Test*.
- d. Melakukan pengujian *Immersion Test*.
- e. Melakukan pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari sumber data. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan pengamatan yang dilakukan. Data sekunder ini berfungsi sebagai pendukung dari data primer.

4.3.1 Pengujian Bahan

Sebelum bahan digunakan pada campuran perkerasan harus dilakukan serangkaian pengujian, antara lain sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat

Salah satu dari komponen utama dari lapis perkerasan jalan raya adalah agregat. Daya dukung, mutu, kualitas, dan keawetan suatu perkerasan sangat ditentukan dari agregat, maka dari itu perlu dilakukan pengujian terhadap agregat baik terhadap agregat kasar maupun agregat halus. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan dari agregat halus.

b. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

c. Pengujian Keausan Agregat

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

d. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Untuk mengetahui kualitas aspal yang yang digunakan, maka perlu dilakukan pengujian-pengujian sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal

Berat Jenis Aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal berguna untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat, dan dalam *Marshall Test* berguna untuk menentukan VITM, VFWA dan mempengaruhi stabilitas.

b. Pengujian Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal (memeriksa tingkat kekerasan aspal) dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu.

c. Pengujian Daktilitas

Maksud Pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. Pengujian Kelarutan dalam TCE

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam TCE.

e. Pengujian Titik Lembek

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan temperatur aspal dimana aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat dipermukaan aspal (titik nyala) dan suhu saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

4.3.2 Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan yang terdapat di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Seperangkat alat uji pengujian fisik agregat yang meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, tabung *Sand Equivalent*.
2. Seperangkat alat uji pengujian fisik aspal yang meliputi alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala, dan titik bakar aspal.
3. Seperangkat alat uji karakteristik campuran metode *Marshall* yang meliputi alat tekan yang terdiri dari *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.

4. Seperangkat alat uji *Immersion Test* yang meliputi alat tekan yang terdiri dari *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.
5. Seperangkat alat uji *Indirect Tensile Strength Test*. yang meliputi alat tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.

4.3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Penelitian ini dimulai tanggal 5 Oktober 2011 sampai 22 Februari 2012.

4.4 PERENCANAAN CAMPURAN

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan apakah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Setelah pengujian awal selesai, kemudian dilakukan penyaringan setiap jenis agregat. Spesifikasi saringan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.3 Gradasi Laston AC-BC, kemudian setelah penyaringan selesai, dilanjutkan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat dengan gradasi yang telah ditentukan oleh spesifikasi. Setelah semua bahan disiapkan, kemudian dilakukan pengujian *Marshall Test*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength Test*.

4.4.1 Pengujian *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Membuat benda uji untuk mencari kadar aspal optimum dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% terhadap berat total campuran, menggunakan pasir Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.
3. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Marshall*.
4. Membuat kesimpulan dari nilai-nilai kadar aspal optimum masing-masing jenis dan kadar agregat halus akan digunakan dalam pengujian *Immersion Test*.

4.4.2 Pengujian *Immersion*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan pasir Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.
3. Menguji *Immersion* dengan lama perendaman 24 jam.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Immersion Test*.
5. Membuat kesimpulan.

4.4.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

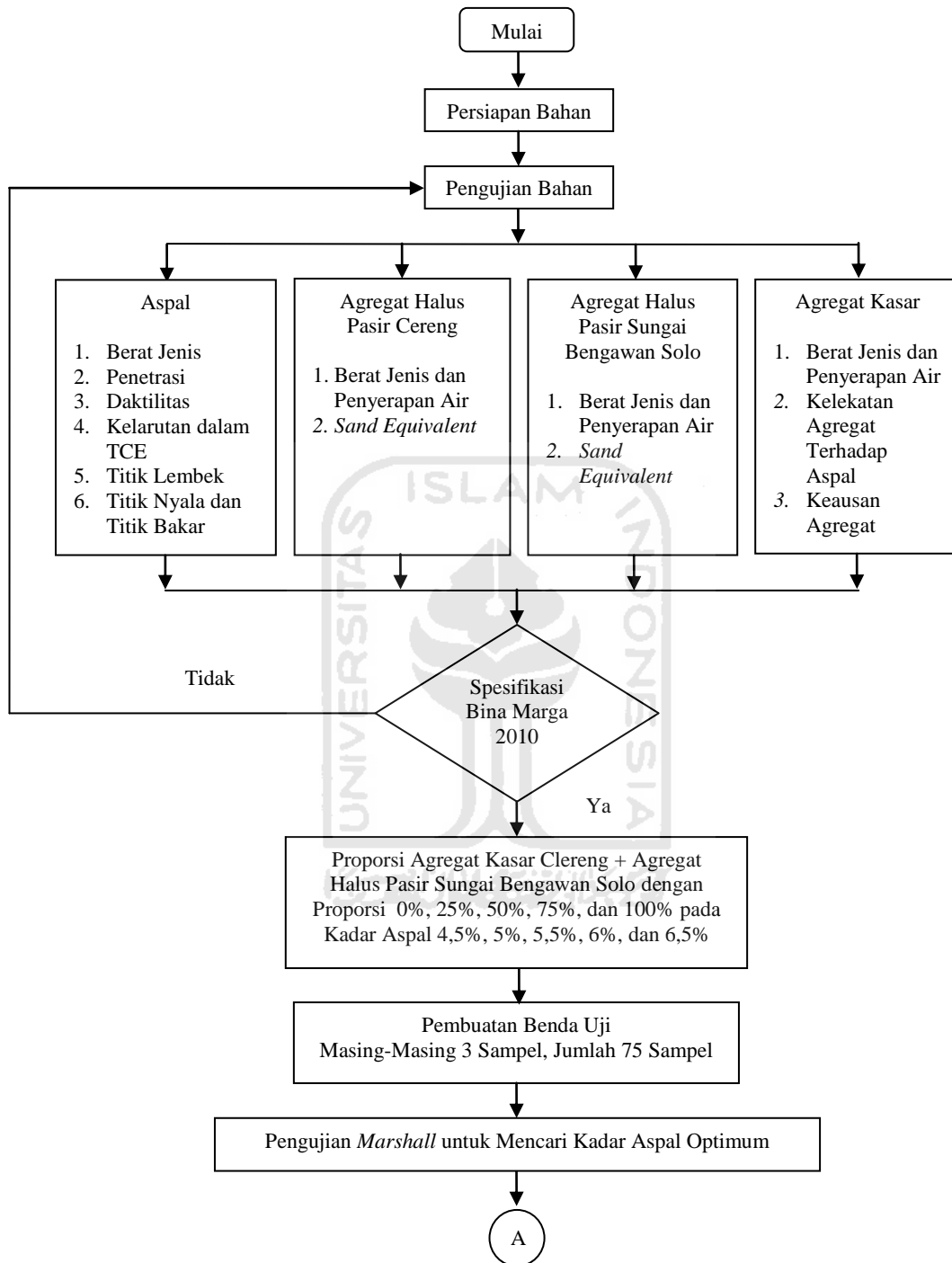
1. Mempersiapkan bahan.
2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan pasir Sungai Bengawan Solo

sebagai agregat halus dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

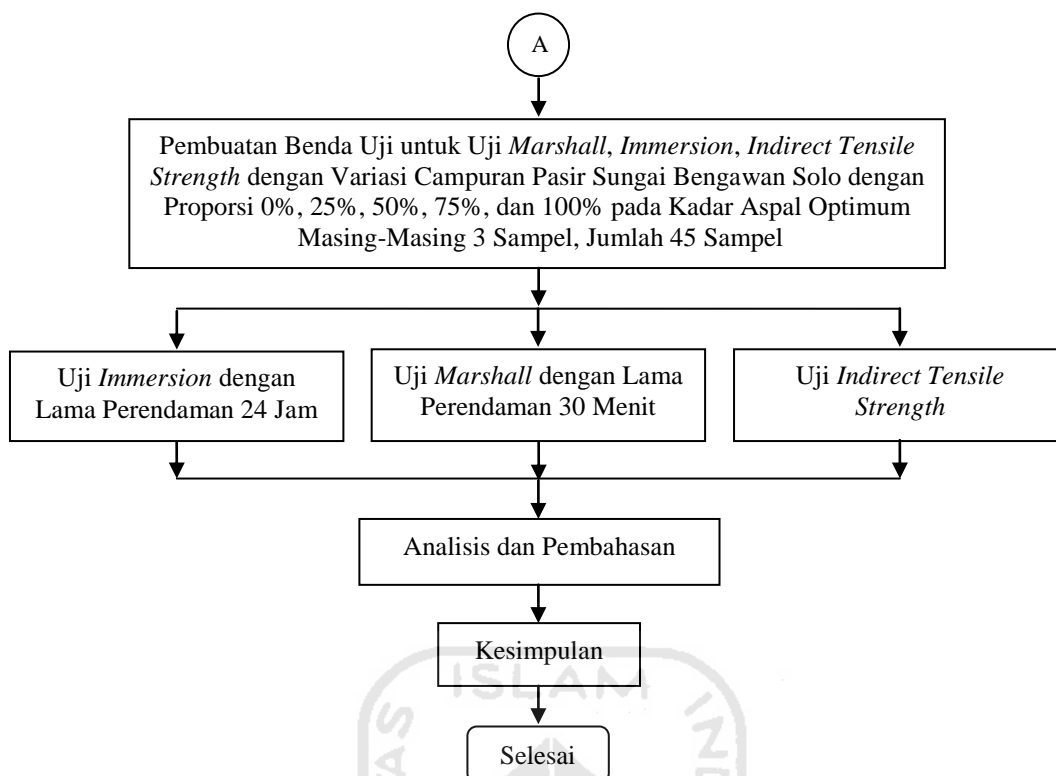
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
4. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.
5. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*.
6. Membuat kesimpulan.



Adapun bagan alir metodologi penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian (1 dari 2)



Gambar 4.2 Bagan Alir Metodologi Penelitian (2 dari 2)

4.5 JUMLAH BENDA UJI

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi sampelnya, jumlah benda uji dibuat sebanyak 120 benda uji. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Optimum

Kadar Aspal	Variasi Proporsi Agregat Halus				
	100 % SBS + 0 % Clereng	75 % SBS + 25 % Clereng	50 % SBS + 50 % Clereng	25 % SBS + 75 % Clereng	0 % SBS + 100 % Clereng
5 %	3	3	3	3	3
5.5 %	3	3	3	3	3
6 %	3	3	3	3	3
6.5 %	3	3	3	3	3
7 %	3	3	3	3	3
Jumlah	75 Buah				

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji untuk *Immersion Test*

Variasi Proporsi Agregat Halus	Lama Perendaman	
	30 Menit (Standar)	24 Jam
100 % SBS + 0 % Clereng	3	3
75 % SBS + 25 % Clereng	3	3
50 % SBS + 50 % Clereng	3	3
25 % SBS + 75 % Clereng	3	3
0 % SBS + 100 % Clereng	3	3
Jumlah	30 Buah	

Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji untuk *Indirect Tensile Strength Test*

Variasi Proporsi Agregat Halus	Benda Uji <i>Indirect Tensile Strength Test</i>
100% SBS + 0% Clereng	3
75% SBS + 25% Clereng	3
50% SBS + 50% Clereng	3
25% SBS + 75% Clereng	3
0% SBS + 100% Clereng	3
Jumlah	15 Buah

Keterangan : SBS = Sungai Bengawan Solo

Berat aspal yang digunakan untuk membuat benda uji pada masing-masing persentasi kadar aspal adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dengan kadar aspal 5,0 % terhadap total campuran adalah
 $5,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 60 \text{ gr}.$
2. Benda uji dengan kadar aspal 5,5 % terhadap total campuran adalah
 $5,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 66 \text{ gr}.$
3. Benda uji dengan kadar aspal 6,0 % terhadap total campuran adalah
 $6,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 72 \text{ gr}.$
4. Benda uji dengan kadar aspal 6,5 % terhadap total campuran adalah
 $6,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 78 \text{ gr}.$

5. Benda uji dengan kadar aspal 7,0 % terhadap total campuran adalah
 $7,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 84 \text{ gr}$.

4.6 CARA MELAKUKAN PENGUJIAN

4.6.1 Pembuatan Benda Uji

Cara pembuatan benda uji dari semua kriteria campuran tersebut dapat dilakukan secara berurutan seperti dibawah ini.

1. Memanaskan aspal mencapai suhu 160°C dan agregat mencapai suhu 170°C.
2. Mencampurkan aspal dan agregat sesuai dengan variasi kadar aspal maupun agregat masing-masing, kemudian memanaskan hingga suhu 160°C dan mengaduk secara merata.
3. Membersihkan cetakan benda uji *mold* dan mengolesi bagian dalamnya dengan minyak pelumas yang lain.
4. Membersihkan batang penumbuk dan mengolesi bagian bawah batang penumbuk dengan minyak pelumas serta bagian dalam pegangan penumbuk juga supaya penumbuk bisa jatuh bebas.
5. Meletakkan selembar kertas / kertas penghisap yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan dibagian bawah cetakan, kemudian memasukkan benda uji sepertiga dari volume cetakkan dan menusuk dengan spatula, kemudian memasukkan benda uji hingga duapertiga dari volume cetakkan dan menusuk dengan spatula, dengan cara yang sama memasukan benda uji hingga masuk semua dalam cetakan dan menusuk dengan spatula.
6. Meletakkan cetakan *mold* diatas dudukannya (landasan) pemadatan. Memadatkan sebanyak 2 kali masing-masing sebanyak 75 pukulan, membalik benda uji setelah tumbukan pertama selesai dan menumbuk lagi sebanyak 75 pukulan.
7. Mendinginkan benda uji sesudah pemadatan selesai sampai mencapai suhu ruang, kemudian mengeluarkan benda uji dari cetakkan dengan menggunakan *ejector hydrolic pump* lalu mendinginkan sampai dingin mencapai suhu ruang.

4.6.2 Pengujian Marshall

Pengujian dengan *Marshall Test* yaitu untuk memperoleh nilai-nilai dari stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void in the Total Mix*), MQ (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*).

Pengujian *Marshall* dilakukan secara berurutan sebagai berikut.

1. Menyiapkan semua peralatan yang digunakan dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji, kemudian membersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Mengukur tinggi benda uji dengan kapiler sebanyak tiga kali sampai mendapatkan angka yang mendekati angka rata-rata, lalu menimbang dan mencatat beratnya sehingga mendapatkan berat sebelum direndam.
3. Merendam benda uji didalam air selama 20 s/d 24 jam pada suhu ruang untuk mendapatkan kejenuhan, kemudian menimbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
4. Mengeluarkan benda uji dari rendaman lalu mengelap bagian permukaannya (hingga mencapai kering permukaannya atau SSD), kemudian menimbang untuk mendapatkan berat jenuh.
5. Memasukkan benda uji kedalam *water bath* selama 30 menit.
6. Menyiapkan kepala penekan *test head* dan memberi vaslin atau minyak pelumas yang. Memeriksa mesin penekan *Marshall Test* dan perlengkapannya, menyetel *dial stabilitas* pada angka nol.
7. Mengambil benda uji yang berada di *water bath* dan memindahkan ke *test head*, memasang *dial flow* pada tempatnya, kemudian menghidupkan mesin pembebanan. Mengamati *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya membaca *dial flow* bila *dial stabilitas* telah mencapai angka maksimum.
8. Mencatat pembacaan pada *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya : misal, pada *dial stabilitas* diperoleh 5 putaran dan telah berhenti di 50, berarti pembacaan *dial stabilitas* = 550.
9. Mengulangi mengetes benda uji sebanyak jumlah benda uji yang dibuat.

4.6.3 Pengujian *Immersion*

Pengujian *Immersion* dilakukan secara berurutan sebagai berikut.

1. Menyiapkan semua peralatan yang digunakan dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji, kemudian membersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Mengukur tinggi benda uji dengan kapiler sebanyak tiga kali sampai mendapatkan angka yang mendekati angka rata-rata, lalu menimbang dan mencatat beratnya sehingga mendapatkan berat sebelum direndam.
3. Merendam benda uji didalam air selama 20 s/d 24 jam pada suhu ruang untuk mendapatkan kejenuhan, kemudian menimbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
4. Mengeluarkan benda uji dari rendaman lalu mengelap bagian permukaannya (hingga mencapai kering permukaannya atau SSD), kemudian menimbang untuk mendapatkan berat jenuh.
5. Memasukkan benda uji kedalam *water bath* selama 24 jam.
6. Menyiapkan kepala penekan *test head* dan memberi vaslin atau minyak pelumas yang. Memeriksa mesin penekan *Marshall Test* dan perlengkapannya, menyetel *dial stabilitas* pada angka nol.
7. Mengambil benda uji yang berada di *water bath* dan memindahkan ke *test head*, memasang *dial flow* pada tempatnya, kemudian menghidupkan mesin pembebanan. Mengamati *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya membaca *dial flow* bila *dial stabilitas* telah mencapai angka maksimum.
8. Mencatat pembacaan pada *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya : misal, pada *dial stabilitas* diperoleh 5 putaran dan telah berhenti di 50, berarti pembacaan *dial stabilitas* = 550.
9. Mengulangi mengetes benda uji sebanyak jumlah benda uji yang dibuat.

4.6.4 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dilakukan secara berurutan sebagai berikut.

1. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
2. Memastikan beban dan benda uji sejajar selama pengujian.
3. Menentukan tinggi dan diameter benda uji.
4. memastikan tempat untuk menguji benda uji suhunya tetap pada suhu 25°C.
5. Berati-hati dalam menurunkan beban dari tempatnya.
6. Melakukan pengawasan terhadap perubahan bentuk dan menentukan beban vertikal dari kerusakan benda uji.

4.7 ANALISIS DATA

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan, dilanjutkan dengan menganalisis data yang telah diperoleh. Data yang diperoleh dari hasil percobaan laboratorium antara lain sebagai berikut.

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
2. Berat benda uji di dalam air (gram).
3. Berat benda uji dalam keadaan jenuk air (gram).
4. Tebal benda uji (gram).
5. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
6. Pembacaan arloji kelelahan *flow* (mm).

Nilai-nilai karakteristik uji *Marshall* didapatkan dengan bantuan data lainnya yang dihitung menggunakan persamaan 4.1 dan 4.2 berikut.

1. Berat Jenis Aspal

$$BJ\ Aspal = \frac{Berat}{Volume} \quad (4.1)$$

2. Berat Jenis Agregat

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(A.F1) + (B.F2)}{100} \quad (4.2)$$

Keterangan : A = Presentase agregat kasar

B = Presentase agregat halus

$F1$ = Berat jenis agregat kasar

$F2$ = Berat jenis agregat halus

Nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), MQ (*Marshall Quotient*), VITM (*Void in the Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*) dapat dihitung berdasarkan data-data yang diatas menggunakan persamaan 4.3 sampai dengan 4.15 berikut.

1. Kepadatan (*Density*)

$$g = \frac{c}{f} \quad (4.3)$$

$$f = d - e \quad (4.4)$$

Keterangan : g = nilai *density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh / SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm³)

2. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

$$l = 100 - j \quad (4.5)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (4.6)$$

Keterangan : l = nilai VMA (%)

b = persentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

3. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

a. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (4.7)$$

Keterangan : a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

b. Persentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (4.8)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (4.9)$$

$$l = 100 - j \quad (4.10)$$

$$j = \left(\frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \right) \quad (4.11)$$

Keterangan : g = berat isi sampel (gr/cc)

b = persentase aspal terhadap campuran

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

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h} \right) \quad (4.12)$$

$$h = 100 - \left(\frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} \right)} \right) \quad (4.13)$$

Keterangan : n = nilai VITM

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran

5. Stabilitas

$$q = p \times s \quad (4.14)$$

Keterangan : q = angka stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = angka koreksi tebal benda uji

6. Kelelehan (*Flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai *flow* dari pembacaan arloji *flow* saat *Marshall Test* berlangsung dalam satuan millimeter (mm).

7. MQ (*Marshall Quotient*)

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (4.15)$$

Keterangan : MQ = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

q = nilai stabilitas (kg)

r = nilai *flow* (mm)

Nilai *index of retained strength* diperoleh dari hasil *immersion test* kemudian diolah menggunakan persamaan 4.16 berikut.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (4.16)$$

Keterangan : S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan persamaan 4.17 berikut.

$$ITS = \frac{P_{\text{runtuh}}}{h} \times A_0 \quad (4.17)$$

Keterangan : ITS = Kuat tarik tidak langsung (kg/cm²)

P_{runtuh} = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

A_0 = konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 HASIL PENELITIAN

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 21 sampai dengan Lampiran 26.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,0345	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 - 70	63,7	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	165	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	300	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,6154	Memenuhi
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48,5	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus, dimana pengujian agregat halus ada 2 macam, yaitu pengujian untuk agregat halus dari Clereng dan pengujian untuk agregat halus dari Sungai Bengawan Solo. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam

Tabel 5.2, 5.3, dan 5.4. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 14 sampai dengan Lampiran 20.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,6503	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	1,4659	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin Los Angeles (%)	< 40	26,04	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,6519	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	2,0471	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	79,9934	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Sungai Bengawan Solo

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,5094	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	2,9463	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	96,2614	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

5.1.3 Hasil Penelitian Gradasi Agregat untuk Campuran

Dalam penelitian ini gradasi yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) adalah jenis Laston Gradasi Halus yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 untuk kadar aspal 4,5%, Tabel 5.6 untuk kadar aspal 5,0%, Tabel 5.7 untuk kadar aspal 5,5%, Tabel 5.8 untuk kadar aspal 6,0%, Tabel 5.9 untuk kadar aspal 6,5% dibawah ini. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai dengan Lampiran 8.

Tabel 5.5 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 4,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25 mm	100	100	100	0	0	0
3/4 "	19 mm	90	100	95	5	57,30	57,30
1/2 "	12,5 mm	74	90	82	18	148,98	206,28
3/8 "	9,5 mm	64	82	73	27	103,14	309,42
No. 4	4,75 mm	47	64	55,50	44,50	200,55	509,97
No. 8	2,36 mm	34,60	49	41,80	58,20	157,00	666,97
No. 16	1,18 mm	28,30	38	33,15	66,85	99,13	766,10
No. 30	0,600 mm	20,70	28	24,35	75,65	100,85	866,95
No. 50	0,300 mm	13,70	20	16,85	83,15	85,95	952,90
No. 100	0,150 mm	4	13	8,50	91,50	95,69	1048,59
No. 200	0,075 mm	4	8	6	94	28,65	1077,24
Pan		0	0	0	100	68,76	1146

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.6 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,0%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25 mm	100	100	100	0	0	0
3/4 "	19 mm	90	100	95	5	57,00	57,00
1/2 "	12,5 mm	74	90	82	18	148,20	205,20
3/8 "	9,5 mm	64	82	73	27	102,60	307,80
No. 4	4,75 mm	47	64	55,50	44,50	199,50	507,30
No. 8	2,36 mm	34,60	49	41,80	58,20	156,18	663,48
No. 16	1,18 mm	28,30	38	33,15	66,85	98,61	762,09
No. 30	0,600 mm	20,70	28	24,35	75,65	100,32	862,41
No. 50	0,300 mm	13,70	20	16,85	83,15	85,50	947,91
No. 100	0,150 mm	4	13	8,50	91,50	95,19	1043,10
No. 200	0,075 mm	4	8	6	94	28,50	1071,60
Pan		0	0	0	100	68,40	1140

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.7 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25 mm	100	100	100	0	0	0
3/4 "	19 mm	90	100	95	5	56,70	56,70
1/2 "	12,5 mm	74	90	82	18	147,42	204,12
3/8 "	9,5 mm	64	82	73	27	102,06	306,18
No. 4	4,75 mm	47	64	55,50	44,50	198,45	504,63
No. 8	2,36 mm	34,60	49	41,80	58,20	155,36	659,99
No. 16	1,18 mm	28,30	38	33,15	66,85	98,09	758,08
No. 30	0,600 mm	20,70	28	24,35	75,65	99,79	857,87
No. 50	0,300 mm	13,70	20	16,85	83,15	85,05	942,92
No. 100	0,150 mm	4	13	8,50	91,50	94,69	1037,61
No. 200	0,075 mm	4	8	6	94	28,35	1065,96
Pan		0	0	0	100	68,04	1134

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.8 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,0%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25 mm	100	100	100	0	0	0
3/4 "	19 mm	90	100	95	5	56,40	56,40
1/2 "	12,5 mm	74	90	82	18	146,64	203,04
3/8 "	9,5 mm	64	82	73	27	101,52	304,56
No. 4	4,75 mm	47	64	55,50	44,50	197,40	501,96
No. 8	2,36 mm	34,60	49	41,80	58,20	154,54	656,50
No. 16	1,18 mm	28,30	38	33,15	66,85	97,57	754,07
No. 30	0,600 mm	20,70	28	24,35	75,65	99,26	853,33
No. 50	0,300 mm	13,70	20	16,85	83,15	84,60	937,93
No. 100	0,150 mm	4	13	8,50	91,50	94,19	1032,12
No. 200	0,075 mm	4	8	6	94	28,20	1060,32
Pan		0	0	0	100	67,68	1128

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.9 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 "	25 mm	100	100	100	0	0	0
3/4 "	19 mm	90	100	95	5	56,10	56,10
1/2 "	12,5 mm	74	90	82	18	145,86	201,96
3/8 "	9,5 mm	64	82	73	27	100,98	302,94
No. 4	4,75 mm	47	64	55,50	44,50	196,35	499,29
No. 8	2,36 mm	34,60	49	41,80	58,20	153,71	653,00
No. 16	1,18 mm	28,30	38	33,15	66,85	97,05	750,06
No. 30	0,600 mm	20,70	28	24,35	75,65	98,74	848,79
No. 50	0,300 mm	13,70	20	16,85	83,15	84,15	932,94
No. 100	0,150 mm	4	13	8,50	91,50	93,69	1026,63
No. 200	0,075 mm	4	8	6	94	28,05	1054,68
Pan		0	0	0	100	67,32	1122

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.10 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 4,5%

Ukuran	Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus	
	SBS 0%	Clereng 100%	SBS 25%	Clereng 75%	SBS 50%	Clereng 50%	SBS 75%	Clereng 25%	SBS 100%	Clereng 0%
No. 16	0	99,13	24,78	74,35	49,56	49,56	74,35	24,78	99,13	0
No. 30	0	100,85	25,21	75,64	50,42	50,42	75,64	25,21	100,85	0
No. 50	0	85,95	21,49	64,46	42,98	42,98	64,46	21,49	85,95	0
No. 100	0	95,69	23,92	71,77	47,85	47,85	71,77	23,92	95,69	0
No. 200	0	28,65	7,16	21,49	14,32	14,32	21,49	7,16	28,65	0

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.11 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,0%

Ukuran	Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus	
	SBS 0%	Clereng 100%	SBS 25%	Clereng 75%	SBS 50%	Clereng 50%	SBS 75%	Clereng 25%	SBS 100%	Clereng 0%
No. 16	0	98,61	24,65	73,96	49,30	49,30	73,96	24,65	98,61	0
No. 30	0	100,32	25,08	75,24	50,16	50,16	75,24	25,08	100,32	0
No. 50	0	85,50	21,38	64,12	42,75	42,75	64,12	21,38	85,50	0
No. 100	0	95,19	23,80	71,39	47,60	47,60	71,39	23,80	95,19	0
No. 200	0	28,50	7,12	21,37	14,25	14,25	21,37	7,12	28,50	0

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.12 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 5,5%

Ukuran	Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus	
	SBS 0%	Clereng 100%	SBS 25%	Clereng 75%	SBS 50%	Clereng 50%	SBS 75%	Clereng 25%	SBS 100%	Clereng 0%
No. 16	0	98,09	24,52	73,57	49,05	49,05	73,57	24,52	98,09	0
No. 30	0	99,79	24,95	74,84	49,90	49,90	74,84	24,95	99,79	0
No. 50	0	85,05	21,26	63,79	42,53	42,53	63,79	21,26	85,05	0
No. 100	0	94,69	23,67	71,02	47,34	47,34	71,02	23,67	94,69	0
No. 200	0	28,35	7,09	21,26	14,18	14,18	21,26	7,09	28,35	0

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.13 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,0%

Ukuran	Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus	
	SBS 0%	Clereng 100%	SBS 25%	Clereng 75%	SBS 50%	Clereng 50%	SBS 75%	Clereng 25%	SBS 100%	Clereng 0%
No. 16	0	97,57	24,39	73,18	48,79	48,79	73,18	24,39	97,57	0
No. 30	0	99,26	24,82	74,45	49,63	49,63	74,45	24,82	99,26	0
No. 50	0	84,60	21,15	63,45	42,30	42,30	63,45	21,15	84,60	0
No. 100	0	94,19	23,55	70,64	47,09	47,09	70,64	23,55	94,19	0
No. 200	0	28,20	7,05	21,15	14,10	14,10	21,15	7,05	28,20	0

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.14 Variasi Campuran Gradasi Agregat Halus dengan Kadar Aspal 6,5%

Ukuran	Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus		Campuran Agregat Halus	
	SBS 0%	Clereng 100%	SBS 25%	Clereng 75%	SBS 50%	Clereng 50%	SBS 75%	Clereng 25%	SBS 100%	Clereng 0%
No. 16	0	97,05	24,26	72,79	48,53	48,53	72,79	24,26	97,05	0
No. 30	0	98,74	24,68	74,05	49,37	49,37	74,05	24,68	98,74	0
No. 50	0	84,15	21,04	63,11	42,07	42,07	63,11	21,04	84,15	0
No. 100	0	93,69	23,42	70,27	46,84	46,84	70,27	23,42	93,69	0
No. 200	0	28,05	7,01	21,04	14,02	14,02	21,04	7,01	28,05	0

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Keterangan : SBS = Sungai Bengawan Solo

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran Asphalt Concrete - Base Course untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya UII didapatkan nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void in the Total Mix*), MQ (*Marshal Quotient*), dan kepadatan (*density*) dari campuran AC-BC dengan variasi campuran agregat halus 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Nilai-nilai dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15 sampai dengan Tabel 5.19, kemudian hasil tabel tersebut digambarkan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.7 untuk menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat campuran

yang diinginkan, tetapi tidak selalu dapat diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari hasil tes *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Berdasarkan perhitungan secara grafis, kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.20 sampai dengan Tabel 5.24.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian *Marshall* pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	1994,754	3,153	632,646	8,187	54,876	18,079	2,274
5,0	2119,870	3,227	657,833	5,990	65,120	17,162	2,312
5,5	2147,066	3,327	646,440	4,095	75,289	16,542	2,341
6,0	2086,943	3,523	593,278	2,185	86,477	15,936	2,371
6,5	1959,392	3,710	528,745	1,472	91,035	16,370	2,371
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.16 Hasil Pengujian *Marshall* pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 75% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 25%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	1965,487	3,077	638,539	8,208	54,543	18,048	2,262
5,0	2064,450	3,113	663,656	6,211	64,182	17,302	2,295
5,5	2088,190	3,190	655,240	4,420	73,665	16,765	2,322
6,0	2052,499	3,413	602,510	2,649	83,722	16,268	2,348
6,5	1924,586	3,653	527,514	1,460	91,174	16,289	2,360
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.17 Hasil Pengujian *Marshall* pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 50% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 50%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	1917,770	2,930	654,798	8,979	51,967	18,687	2,232
5,0	1978,513	2,960	668,374	6,726	62,065	17,701	2,271
5,5	2030,231	3,110	654,711	4,847	71,659	17,076	2,300
6,0	2015,804	3,247	621,488	2,747	83,195	16,286	2,334
6,5	1906,445	3,480	549,422	1,868	88,749	16,565	2,339
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.18 Hasil Pengujian *Marshall* pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	1850,433	2,833	663,547	9,481	50,337	19,087	2,208
5,0	1882,184	2,887	652,985	7,816	58,009	18,608	2,233
5,5	1953,999	3,030	646,307	5,131	70,323	17,262	2,282
6,0	1960,783	3,167	623,160	3,472	79,395	16,844	2,306
6,5	1881,236	3,370	561,586	2,259	86,584	16,827	2,318
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.19 Hasil Pengujian *Marshall* pada Masing-Masing Kadar Aspal Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	1800,826	2,717	663,707	9,912	48,972	19,423	2,186
5,0	1861,173	2,817	662,479	8,174	56,704	18,870	2,213
5,5	1896,682	3,000	632,604	5,691	67,953	17,691	2,257
6,0	1919,554	3,147	611,110	3,874	77,474	17,125	2,285
6,5	1855,973	3,323	561,035	2,557	85,097	17,009	2,300
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.20 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 100% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 0%

Data <i>Marshall Test</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	[Bar chart showing stability values for each asphalt content]				
Flow (mm)	> 3	[Bar chart showing flow values for each asphalt content]				
VMA (%)	> 14	[Bar chart showing VMA values for each asphalt content]				
VFWA (%)	> 63	[Bar chart showing VFWA values for each asphalt content]				
VITM (%)	3,5 - 5	[Bar chart showing VITM values for each asphalt content]				
MQ (kg/mm)	> 250	[Bar chart showing MQ values for each asphalt content]				
Kadar Aspal Optimum		5,25 5,65 ↓ 5,45				

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.23 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 25% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 75%

Data <i>Marshall Test</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	█				
Flow (mm)	> 3	█				
VMA (%)	> 14	█				
VFWA (%)	> 63	█				
VITM (%)	3,5 - 5	█				
MQ (kg/mm)	> 250	█				
Kadar Aspal Optimum				5,54	5,77	6,00

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Tabel 5.24 Penentuan Kadar Aspal Optimum Secara Grafis Agregat Kasar Clereng + Agregat Halus Clereng 0% + Agregat Halus Sungai Bengawan Solo 100%

Data <i>Marshall Test</i>	Syarat	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Stabilitas (kg)	> 800	█				
Flow (mm)	> 3	█				
VMA (%)	> 14	█				
VFWA (%)	> 63	█				
VITM (%)	3,5 - 5	█				
MQ (kg/mm)	> 250	█				
Kadar Aspal Optimum				5,68	5,91	6,14

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Adapun rekapitulasi kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.25 dibawah ini.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum

No.	Proporsi Agregat Halus pada Campuran Laston	Kadar Aspal Optimum (%)
1	0% Sungai Bengawan Solo + 100% Clereng	5,45
2	25% Sungai Bengawan Solo + 25% Clereng	5,54
3	50% Sungai Bengawan Solo + 50% Clereng	5,64
4	75% Sungai Bengawan Solo + 25% Clereng	5,77
5	100% Sungai Bengawan Solo + 0% Clereng	5,91

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Tabel 5.25 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran aspal beton menghasilkan kadar aspal optimum yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu berat jenis agregat halus, bentuk dan permukaan butiran, dan penyerapan agregat halus terhadap air.

Berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo sebesar 2,5094 lebih kecil daripada berat jenis agregat halus Clereng sebesar 2,6519, sehingga pada campuran aspal beton menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai volume yang besar pada berat yang sama. Hal ini mengakibatkan rongga dalam campuran Laston menjadi besar sehingga kebutuhan aspal lebih besar.

Bentuk butiran agregat halus Sungai Bengawan Solo yang bulat mengakibatkan rongga dalam campuran Laston menjadi besar sehingga kebutuhan aspal lebih besar. Bentuk butiran agregat halus Clereng yang tajam dan permukaan yang kasar mengakibatkan rongga dalam campuran aspal beton menjadi kecil sehingga kebutuhan aspal lebih kecil.

Besarnya penyerapan agregat terhadap air akan mempengaruhi besarnya aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Semakin besar nilai penyerapan agregat terhadap air maka semakin besar kebutuhan aspal yang dibutuhkan dalam

campuran aspal beton. Penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebesar 2,9463 lebih besar daripada agregat halus Clereng sebesar 2,0471 sehingga kebutuhan aspal 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo dalam campuran aspal beton lebih besar daripada kebutuhan aspal 100% agregat Clereng.

5.2 PEMBAHASAN

5.2.1 Karakteristik Aspal

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal perlu diperhatikan dalam merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,0345. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Semakin keras aspal ditunjukkan oleh semakin kecilnya angka penetrasi aspal. Semakin keras aspal menunjukkan semakin lekatnya aspal dan semakin besar nilai kohesinya. Hasil pengujian menunjukkan nilai penetrasi aspal sebesar 63,7 mm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu antara 60 mm sampai 70 mm.

3. Daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui keliatan atau kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat mempengaruhi nilai fleksibilitas campuran. Fleksibilitas campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan yang terjadi tanpa mengalami kerusakan. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 165 cm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 100 cm.

4. Titik Nyala

Aspal merupakan bahan yang bersifat *termoplastik*, yaitu kekentalan yang dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur maka semakin lunak atau cair. Pengujian titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 300 °C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

5. Kelarutan dalam TCE

Pengujian kelarutan dalam TCE bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam TCE. Jumlah yang terlarut menunjukkan kemurnian aspal. Semakin besar aspal yang terlarut menunjukkan kemurnian aspal yang semakin tinggi, artinya semakin kecil kandungan bahan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dan batuan. Hasil pengujian kelarutan dalam TCE menunjukkan nilai sebesar 99,6154%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 99\%$

6. Titik Lembek

Pengujian titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila pada temperatur tinggi. Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai sebesar 48,5°C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

5.2.2 Karakteristik Agregat Kasar

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis dan penyerapan adalah dua parameter yang saling berkaitan. Berat jenis yang tinggi menunjukkan batuan yang padat dan kuat serta menunjukkan porositas rendah, sebaliknya batuan dengan berat jenis yang kecil menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan

porositas tinggi. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 2,6503. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Pengujian penyerapan agregat terhadap air bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat, semakin besar nilai penyerapannya mengidentifikasikan bahwa agregat semakin poros. Hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air menunjukkan nilai sebesar 1,4659%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dilekati aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin tinggi daya ikat yang diberikan oleh aspal terhadap agregat maka *internal friction* akan semakin tinggi, sehingga nilai stabilitas campuran akan semakin meningkat. Hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal menunjukkan nilai sebesar 99%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 95\%$.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang digunakan dalam campuran merupakan komponen yang berfungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang bekerja diatas perkerasan sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan roda kendaraan. Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* menunjukkan nilai sebesar 26,04%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$.

5.2.3 Karakteristik Agregat Halus

1. Berat Jenis Agregat

Hasil pengujian berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo sebesar 2,5094 dan berat jenis agregat halus Clereng sebesar 2,6519. Berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih kecil daripada berat jenis agregat halus Clereng, sehingga volume agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih besar pada berat yang sama. Hal ini akan berpengaruh pada penentuan besarnya kadar aspal optimum campuran aspal beton untuk tiap variasinya dan hasil karakteristik *Marshall* yaitu nilai VITM, VFWA, VMA dan *density*. Nilai berat jenis dari kedua agregat diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Hasil pengujian penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air sebesar 2,9463% dan penyerapan agregat halus Clereng terhadap air sebesar 2,0471%. Besarnya penyerapan agregat terhadap air akan mempengaruhi besarnya aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Semakin besar nilai penyerapan agregat terhadap air maka semakin besar kebutuhan aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Hal ini dapat dilihat dalam besarnya nilai kadar aspal optimum. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai kadar aspal optimum yang semakin meningkat hal ini dikarenakan penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih besar daripada agregat halus Clereng. Nilai penyerapan agregat terhadap air baik agregat Clereng maupun agregat Sungai Bengawan Solo memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pengujian *sand equivalent* agregat halus Sungai Bengawan Solo sebesar 96,2614% dan *sand equivalent* agregat halus Clereng sebesar 79,9934% dan. Nilai *sand equivalent* agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih besar daripada agregat Clereng dikarenakan lumpur yang terkandung dalam agregat halus Sungai Bengawan Solo telah terhanyut terbawa oleh aliran Sungai Bengawan Solo sehingga lumpur tersebut terpisah dengan agregat halus Sungai Bengawan Solo. Agregat halus Clereng memiliki nilai *sand equivalent* lebih kecil karena agregat halus Clereng merupakan hasil dari pemecahan batuan sehingga agregat tersebut mengandung debu dari hasil pemecahan batuan tersebut.

Nilai *sand equivalent* kedua agregat diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$, yang berarti mengidentifikasi bahwa agregat halus Clereng dan Sungai Bengawan Solo dalam keadaan yang cukup bersih dan terbebas dari kandungan debu, lumpur, atau kotoran lainnya yang dapat mengganggu kelekatan aspal terhadap agregat.

5.2.4 Karakteristik *Marshall* Standar

1. Stabilitas

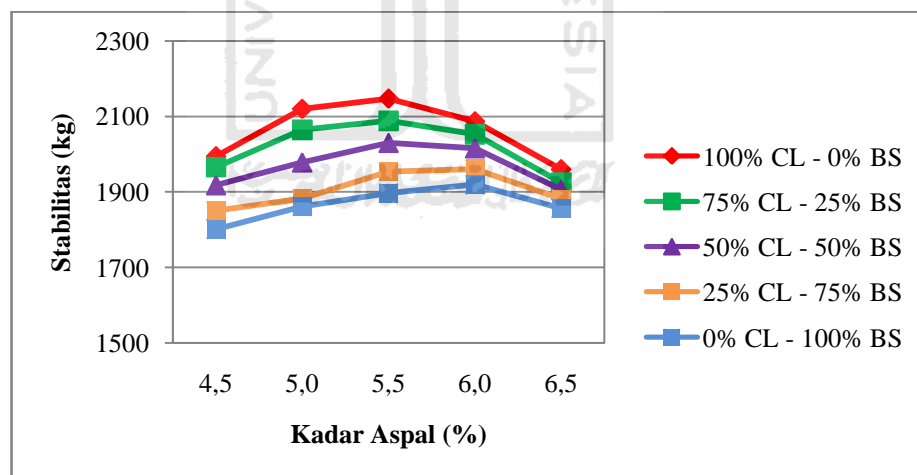
Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci antar batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur

permukaan, bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal.

Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hingga stabilitas mencapai batas maksimum selanjutnya penambahan kadar aspal akan menyebabkan turunnya nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga menurunkan gaya saling mengunci antar agregat pada campuran.

Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga mudah mengalami *rutting*.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Gambar 5.1 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai stabilitas yang semakin menurun.

Stabilitas campuran aspal beton yang menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo menghasilkan nilai stabilitas yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai bentuk butiran yang bulat dan tekstur permukaan yang halus, sehingga kekuatan untuk saling mengunci antar agregat kurang. Campuran aspal beton yang menggunakan 100% agregat halus Clereng menghasilkan nilai yang paling besar. Hal ini disebabkan campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Clereng mempunyai bentuk yang bersudut dan tajam serta tekstur permukaan yang kasar, sehingga ikatan antar batuan atau sifat saling mengunci (*interlocking*) lebih baik.

Faktor lain yang menyebabkan campuran aspal beton 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai stabilitas kecil yaitu agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki penyerapan agregat terhadap air yang tinggi sehingga pada kadar aspal yang sama, aspal yang terserap oleh agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih banyak dibandingkan dengan aspal yang terserap pada campuran aspal beton 100% agregat halus Clereng. Meskipun demikian nilai stabilitasnya tidak sampai mengurangi persyaratan yang telah ditentukan oleh Bina Marga 2010, yaitu nilai stabilitas untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi minimal 800 kg.

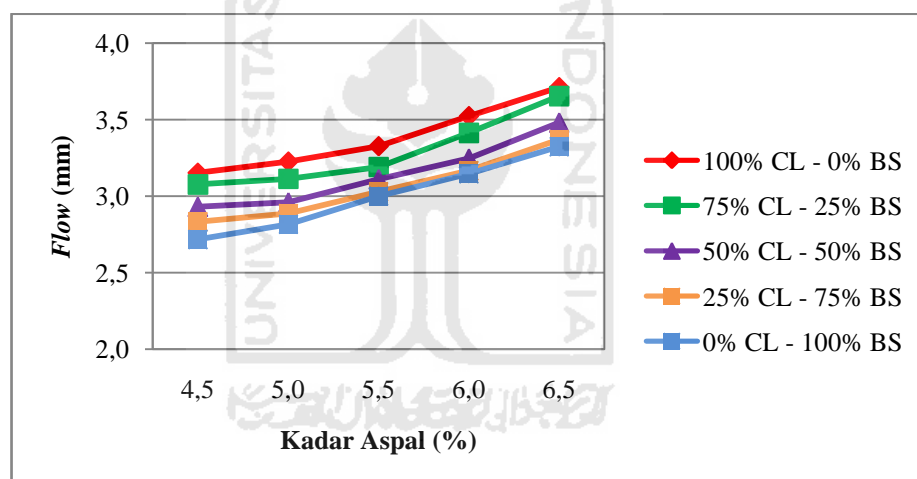
2. *Flow*

Kelelehan (*Flow*) merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelelehan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan, tingkat kelelehan tersebut lebih banyak ditentukan oleh aspalnya, terutama sifat daktilitas,

aspal yang mempunyai sifat daktilitas rendah dalam campuran akan menghasilkan lapis perkerasan yang fleksibilitasnya rendah.

Campuran yang mempunyai *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Menurut Bina Marga 2010, nilai *flow* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi yaitu > 3 mm.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow*

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan penelitian pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal, nilai *flow* mengalami peningkatan. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai *flow* yang semakin menurun.

Campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai *flow* lebih rendah jika dibandingkan

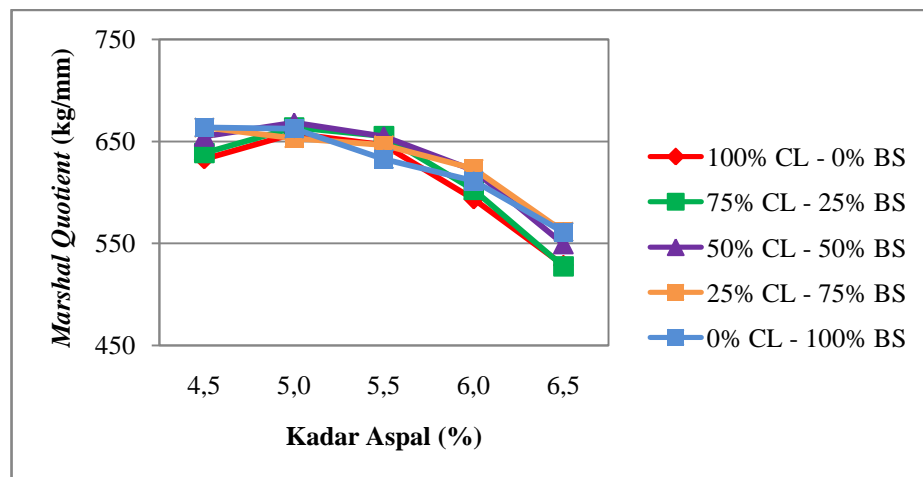
dengan campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Clereng. Hal ini dikarenakan oleh porositas dan penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang lebih besar sehingga mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga lebih besar. Hal ini akan menyebabkan pada kadar aspal yang sama, sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih sedikit sehingga aspal lebih cepat mengeras dan menyebabkan nilai *flow* rendah.

3. *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Nilai *Marshall Quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi disertai nilai *flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan getas. Sebaliknya stabilitas yang rendah dan *flow* yang tinggi menunjukkan campuran lebih bersifat plastis dan apabila menerima beban lalu lintas, maka perkerasan akan mengalami deformasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *Marshall Quotient* adalah stabilitas dan *flow*. Hal ini berarti bahwa nilai *Marshall Quotient* juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan *flow*, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperatur pemadatan.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Marshall Quotient*

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai *marshall quotient* yang semakin meningkat.

Campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai *marshall quotient* lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Clereng, hal ini dikarenakan nilai stabilitas campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo tinggi, tetapi nilai *flow*-nya rendah.

Campuran Laston yang menggunakan 100% agregat halus Clereng memiliki nilai stabilitas tinggi dan nilai *flow*-nya tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran Laston 100% agregat halus Clereng bersifat kuat dan lentur, dikarenakan agregat Clereng mempunyai tekstur dan permukaan yang lebih baik dibanding agregat halus Sungai Bengawan Solo.

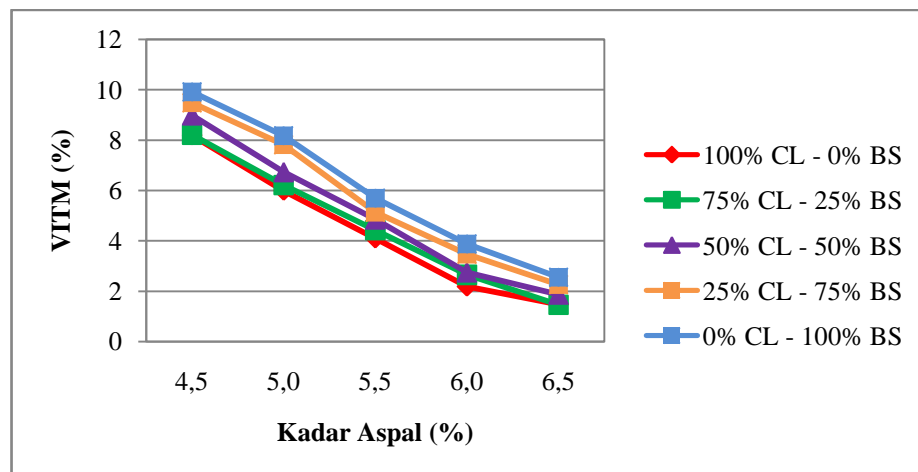
Menurut Bina Marga 2010, nilai *marshall quotient* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi yaitu > 250 kg/mm, sehingga campuran aspal beton diatas telah memenuhi persyaratan yang telah disyaratkan.

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

Nilai VITM menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran, yang dinyatakan dalam persentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Persentase rongga yang disyaratkan Bina Marga 2010 untuk campuran beton aspal adalah 3,5% - 5%. Beton aspal yang mempunyai nilai $VITM \leq 3,5\%$ akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperatur, aspal dalam campuran akan mencair sehingga saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya jika nilai $VITM \geq 5\%$ menunjukkan rongga yang terdapat di dalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak mampu untuk mengikat agregat.

Nilai VITM oleh Bina Marga mensyaratkan batas maksimum 5% dan batas minimum 3,5% tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan keawetan campuran dan batas minimum untuk mencegah terjadinya deformasi plastis. Dalam campuran harus tersedia cukup rongga yang terisi udara yang berfungsi untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran sesuai dengan keelastisan bahan penyusunnya.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VITM seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VITM

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan penelitian pada Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal nilai VITM mengalami penurunan, karena rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, berarti campuran tersebut semakin rapat. Semakin besar persentase penggantian agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai VITM yang semakin besar.

Campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai VITM yang lebih besar dibandingkan campuran Laston 100% agregat halus Clereng. Hal ini dikarenakan berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga meningkatkan nilai VITM.

Faktor lain yang menyebabkan campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai VITM yang besar, yaitu agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki bentuk yang bulat. Hal ini akan menyebabkan agregat halus Sungai Bengawan Solo sulit

mengisi rongga diantara agregat pada saat proses pemadatan, sehingga mengakibatkan nilai VITM yang besar.

Penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang besar juga dapat mengakibatkan nilai VITM yang besar. Penyerapan agregat terhadap air yang besar akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil, sehingga persentase rongga terhadap total volume campuran menjadi lebih besar.

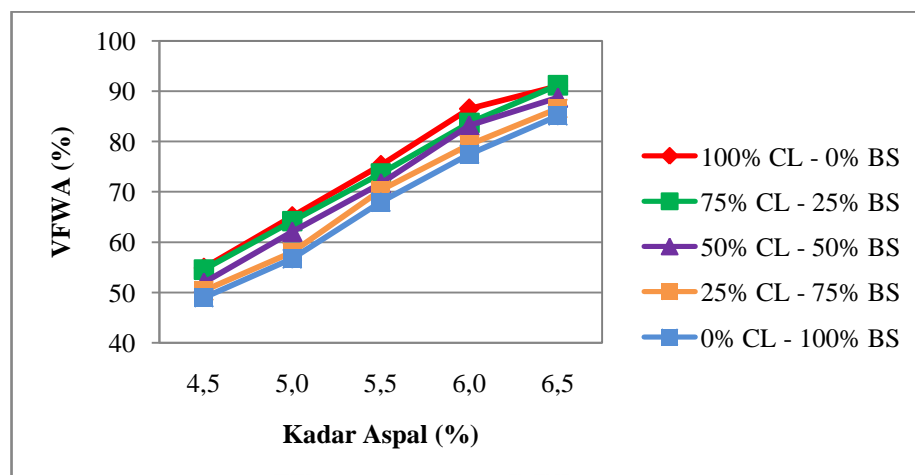
5. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai VFWA menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFWA berpengaruh pada kedapatan campuran terhadap air dan udara yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VFWA adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan. Menurut Bina Marga 2010 nilai VFWA yang disyaratkan yaitu $> 63\%$.

Nilai VFWA yang besar menunjukkan semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai VFWA yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terlalu kecil sehingga jika perkerasan menerima beban, terutama pada temperatur yang tinggi, maka sebagian aspal akan mencari tempat yang kosong dan jika rongga sudah penuh, maka aspal akan naik ke permukaan.

Nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan air dan udara yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VFWA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai VFWA semakin bertambah. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston maka nilai VFWA semakin kecil dibandingkan campuran Laston menggunakan agregat halus Clereng dengan persentase yang lebih besar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran Laston menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai VFWA yang lebih kecil dibandingkan campuran Laston 100% agregat halus Clereng. Hal ini dikarenakan berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal kecil.

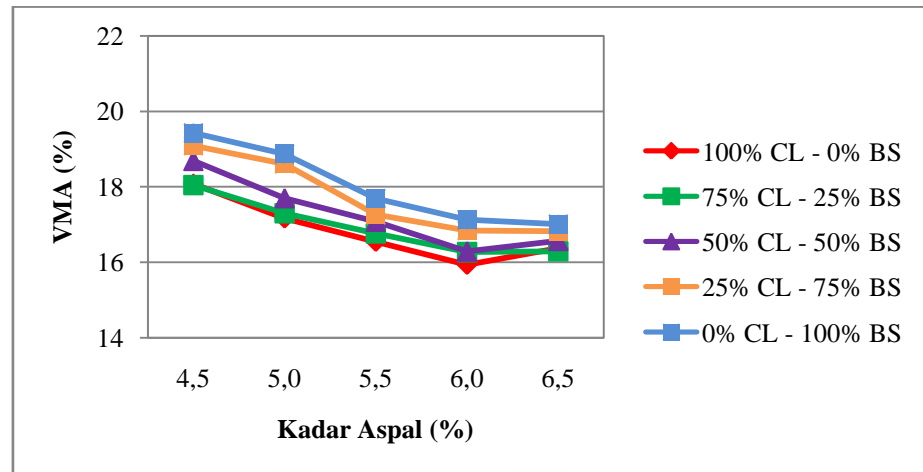
Faktor lain yang menyebabkan campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai VFWA yang kecil, yaitu agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki bentuk yang bulat, sehingga akan menyebabkan agregat halus Sungai Bengawan Solo sulit mengisi rongga diantara agregat pada saat proses pemadatan. Hal ini mengakibatkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal kecil.

Penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang besar juga dapat mengakibatkan nilai VFWA yang kecil. Penyerapan agregat terhadap air yang besar akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal kecil.

6. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Nilai pori dalam agregat campuran (VMA) menunjukkan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai VMA dapat juga dinyatakan sebagai rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara yang diperlukan dalam campuran agregat dan aspal. Nilai VMA dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Nilai VMA berpengaruh terhadap sifat kekedapan dan keawetan campuran terhadap air dan udara bebas serta elastisitas campuran. Semakin tinggi nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* pada saat perkerasan menerima beban pada temperatur yang tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah akan menyebabkan lapisan kurang dapat mengikat aspal sehingga perkerasan akan mudah terjadi *raveling*, *striping* dan lain sebagainya.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VMA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa nilai VMA turun kemudian naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan *film* aspal lebih tebal, sehingga jarak antar agregat semakin besar. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston maka nilai VMA semakin besar dibandingkan campuran Laston menggunakan agregat Clereng dengan persentase yang lebih besar. Hal ini dikarenakan perbedaan berat jenis dari kedua jenis agregat halus tersebut.

Campuran Laston menggunakan 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai VMA yang lebih besar dibandingkan dengan campuran Laston menggunakan 100% agregat halus Clereng. Hal ini dikarenakan oleh berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo yang lebih kecil mengakibatkan volume yang besar pada berat yang sama akan menyebabkan bertambahnya rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara, sehingga mengakibatkan nilai VMA yang besar. Menurut Bina Marga 2010 nilai VMA yang

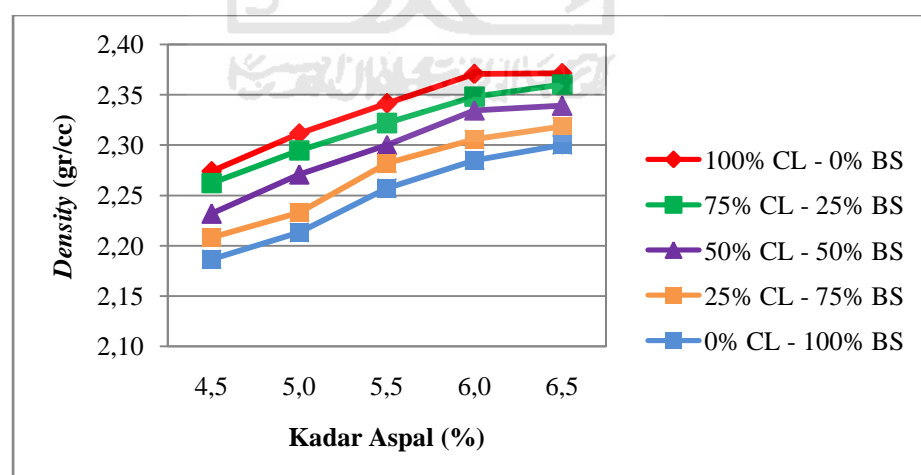
disyaratkan yaitu $> 14\%$ sehingga campuran aspal beton diatas telah memenuhi persyaratan yang telah disyaratkan.

7. Density

Density merupakan nilai yang menunjukkan besaran kepadatan suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. Nilai *density* dipengaruhi oleh gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran.

Campuran aspal beton dengan nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* rendah. Semakin besar nilai *density*, maka kerapatannya semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. Akan tetapi tidak selalu nilai *density* yang tinggi dapat meningkatkan nilai stabilitas, karena peningkatan stabilitas dapat disebabkan oleh faktor lain.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *density* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston maka nilai *density* semakin kecil dibandingkan campuran Laston menggunakan agregat Clereng dengan persentase yang lebih besar.

Campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai *density* yang kecil dibandingkan dengan Campuran Laston 100% agregat halus Clereng. Hal ini disebabkan oleh berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo yang lebih kecil daripada berat jenis agregat halus Clereng, sehingga berat jenis yang lebih kecil menyebabkan volume yang lebih besar pada berat yang sama. Nilai *density* merupakan perbandingan antara massa dan volume, sehingga agregat halus Sungai Bengawan Solo dengan berat jenis yang lebih kecil akan memiliki volume yang lebih besar sehingga menghasilkan nilai *density* yang lebih kecil.

Dalam spesifikasi teknik campuran beton aspal tidak ada persyaratan khusus dari Bina Marga mengenai nilai *density*. Nilai *density* digunakan untuk persyaratan teknis lapangan, yaitu kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium.

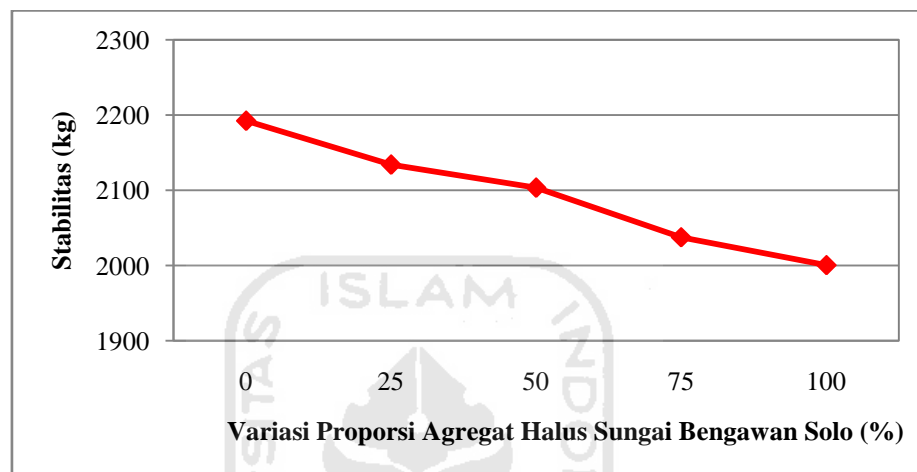
5.2.5 Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus Clereng, penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih tinggi daripada agregat halus Clereng, dan tekstur permukaan agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih halus dibandingkan dengan agregat halus Clereng serta agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai bentuk butiran yang bulat sedangkan agregat halus Clereng mempunyai bentuk yang tajam. Hal tersebut di atas akan sangat berpengaruh pada saat dilakukan penggantian agregat halus Clereng dengan agregat halus Sungai Bengawan Solo menggunakan gradasi yang sama. Setelah dilakukan penggantian terlihat jelas bahwa perilaku (nilai

performa) campuran menjadi turun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik Stabilitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8 berikut ini.

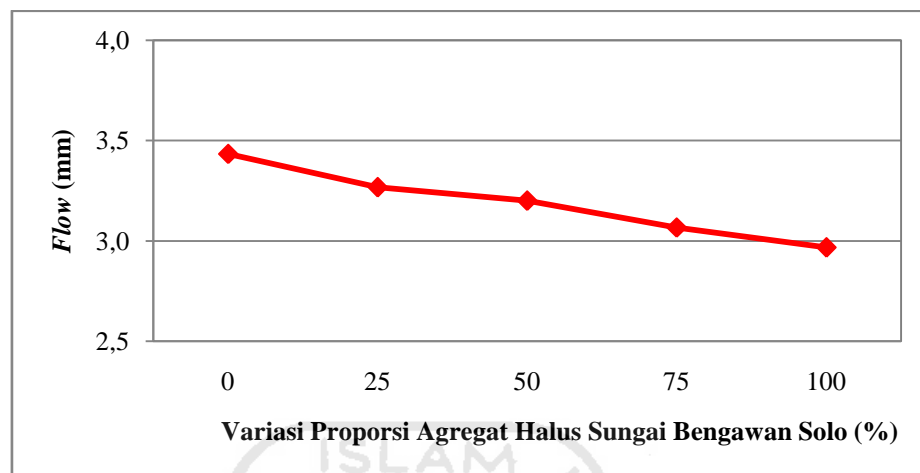


Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.8 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai stabilitas yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai bentuk butiran bulat, dengan kondisi yang demikian kekuatan saling mengunci antar agregat kurang. Meskipun nilai stabilitas cenderung turun akan tetapi masih diatas batas minimal yang ditentukan oleh Bina Marga 2010, yaitu 800 kg.

2. *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Flow* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut ini.

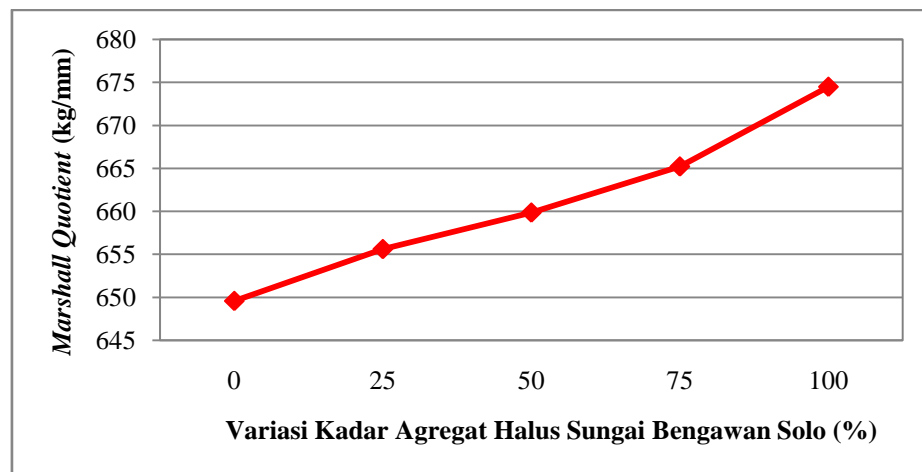


Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan *Flow*

Berdasarkan Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo, menghasilkan nilai *flow* yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan oleh penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang besar akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar, sehingga mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil. Hal ini akan mengakibatkan aspal lebih cepat mengeras dan menyebabkan nilai *flow* rendah. Berdasarkan Bina Marga 2010, nilai *flow* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi yaitu > 3 mm, maka pada proporsi 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo tidak layak digunakan karena tidak memenuhi spesifikasi.

3. *Marshall Quotient*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut ini.

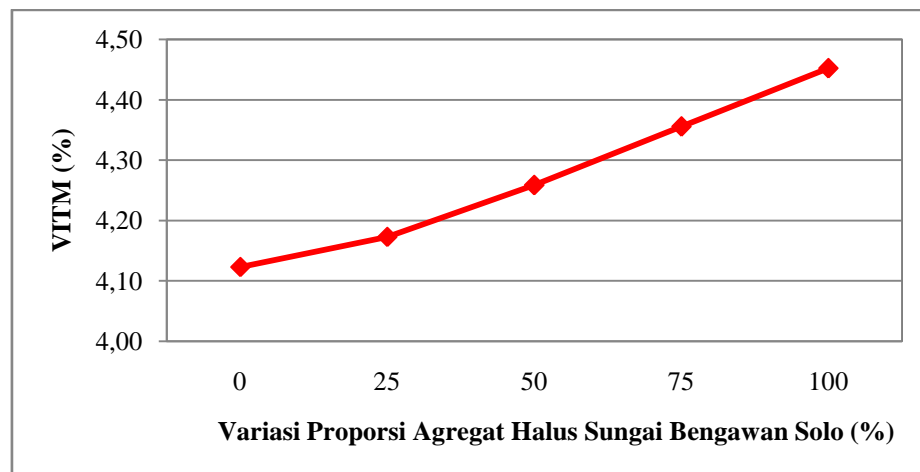


Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan *Marshall Quotient*

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston menghasilkan nilai *marshall quotient* yang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan nilai *flow* yang rendah dan nilai stabilitas yang tinggi. Berdasarkan Bina Marga 2010, nilai *marshall quotient* yaitu > 250 kg/mm sehingga nilai *marshall quotient* pada campuran Laston dengan variasi campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo telah memenuhi persyaratan.

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

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VITM (*Void in the Total Mix*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VITM

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa dengan penambahan agregat halus Sungai Bengawan Solo nilai VITM semakin meningkat. Hal ini dikarenakan berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga meningkatkan nilai VITM.

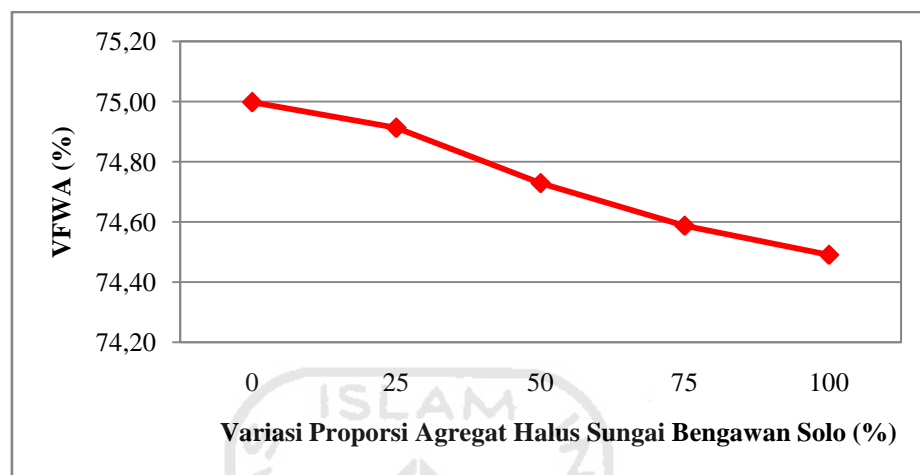
Agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki bentuk yang bulat. Hal ini akan menyebabkan agregat halus Sungai Bengawan Solo sulit mengisi rongga diantara agregat pada saat proses pemadatan, sehingga mengakibatkan nilai VITM yang besar.

Penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang besar juga dapat mengakibatkan nilai VITM yang besar. Penyerapan agregat terhadap air yang besar akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil, sehingga persentase rongga terhadap total volume campuran menjadi lebih besar.

Walupun demikian, nilai VITM campuran Laston menggunakan variasi agregat halus Sungai Bengawan Solo telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, yaitu 3,5% – 5%.

5. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VFWA (*Void Filled With Asphalt*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VFWA

Berdasarkan Gambar 5.12 hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya agregat halus Sungai Bengawan Solo, maka nilai VFWA semakin turun. Hal ini dikarenakan agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus Clereng sehingga pada berat yang sama, agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai volume yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan rongga dalam campuran Laston menjadi banyak.

Bentuk butiran agregat halus Sungai Bengawan Solo bulat dan permukaan halus. Hal ini mengakibatkan rongga dalam campuran Laston menjadi banyak, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi kecil.

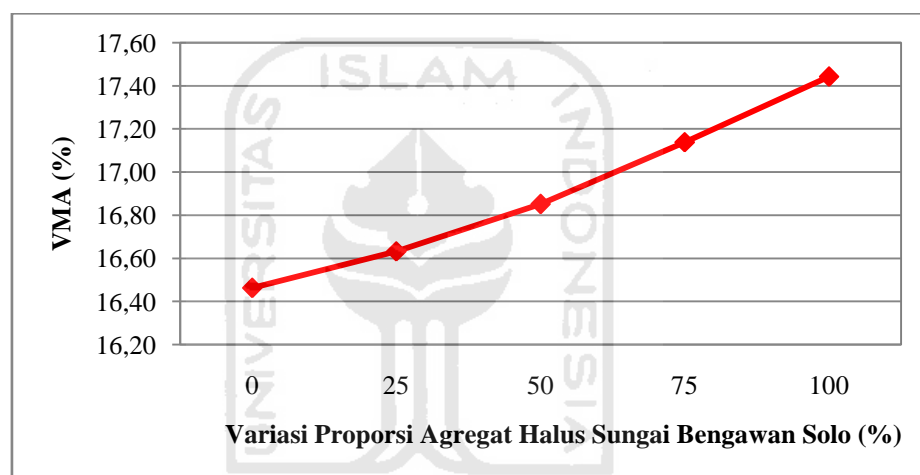
Penyerapan agregat halus Sungai Bengawan Solo terhadap air yang besar juga dapat mengakibatkan nilai VFWA yang kecil. Penyerapan agregat terhadap air yang besar akan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar. Hal ini akan mengakibatkan sisa aspal yang

menutup rongga menjadi lebih kecil, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal kecil.

Bina marga 2010 telah mensyaratkan nilai VFWA, yaitu $> 63\%$ sehingga campuran aspal beton dengan menggunakan variasi campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo telah memenuhi persyaratan.

6. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik VMA (*Void in Mineral Agregate*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut ini.

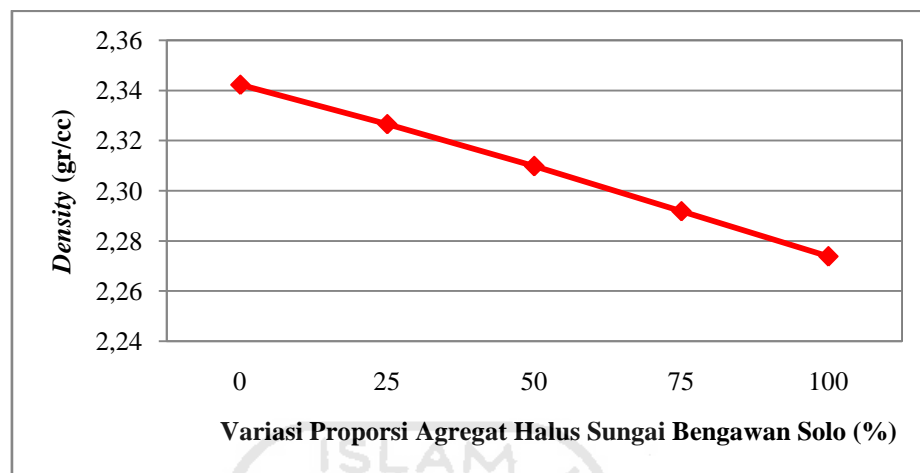


Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan VMA

Berdasarkan Gambar 5.13 menunjukkan bahwa nilai VMA naik dengan bertambahnya proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo. Hal ini dikarenakan oleh berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo yang lebih kecil mengakibatkan volume yang besar pada berat yang sama akan menyebabkan bertambahnya rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara, sehingga mengakibatkan nilai VMA yang besar. Menurut Bina Marga 2010 nilai VMA yang disyaratkan yaitu $> 14\%$ sehingga campuran aspal beton diatas telah memenuhi persyaratan yang telah disyaratkan.

7. *Density*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Density* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.14 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan *Density*

Berdasarkan Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa nilai *density* pada saat penambahan proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo cenderung turun. Hal ini dikarenakan oleh perbedaan berat jenis dari kedua macam agregat halus yang digunakan. Berat jenis agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih kecil daripada berat jenis agregat halus Clereng, sehingga dengan berat jenis yang lebih kecil menyebabkan volume yang lebih besar pada berat yang sama. Hal ini menyebabkan bahan pengisi agregat campuran Laston yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih banyak, sehingga campuran Laston yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki volume yang lebih besar akan memiliki nilai *density* yang lebih kecil.

Adapun rekapitulasi karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.26 dibawah ini.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Proporsi Agregat Halus (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	2192,075	3,433	649,593	4,123	74,997	16,462	2,342
25	2133,857	3,267	655,608	4,173	74,912	16,632	2,327
50	2103,209	3,200	659,853	4,259	74,729	16,851	2,310
75	2037,602	3,067	665,209	4,355	74,587	17,138	2,292
100	2000,354	2,967	674,484	4,452	74,491	17,442	2,274
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	3,5 - 5	> 63	> 14	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Berdasarkan Tabel 5.26 dapat dilihat bahwa agregat halus Sungai Bengawan Solo dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan proporsi 25%, 50%, 75% terhadap total agregat halus. Hal ini dikarenakan semua karakteristik *Marshall* telah memenuhi spesifikasi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) Bina Marga 2010.

Proporsi optimum penggunaan pasir Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yaitu pada proporsi 25% terhadap total agregat halus karena memberikan hasil yang optimum. Hal ini seperti yang terlihat pada Tabel 5.26 yaitu pada proporsi 25% terhadap total agregat halus menghasilkan nilai *density* yang besar, sehingga akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate*) yang kecil dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in the total mix*) yang kecil. Nilai VITM yang kecil akan menyebabkan banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal (*Void Filled With*

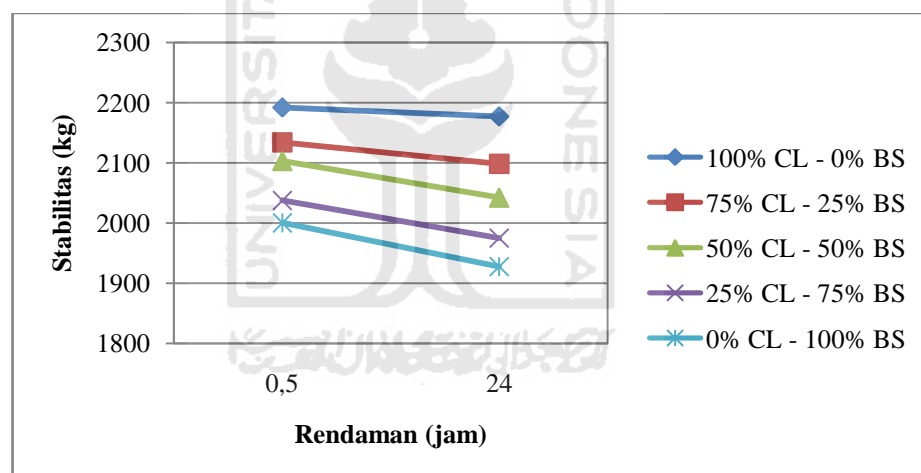
Asphalt) besar maka dengan kondisi tersebut akan menghasilkan stabilitas yang tinggi.

Pada campuran yang menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo dengan proporsi 100% terhadap total agregat halus tidak layak digunakan karena nilai *flow* tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, yaitu > 3 mm.

5.2.6 Karakteristik *Immersion Test*

1. Stabilitas Rendaman

Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca, dan air. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan antara Rendaman dan Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.15 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 30 menit. Hal ini disebabkan proses perendaman, air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

2. *Index of Retained Strength*

Index of retained strength (indeks tahanan sisa) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks tahanan ini menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini perendaman diberikan selama 24 jam pada suhu 60°C. *Index of retained strength* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) campuran beraspal akibat air.

Kriteria minimum untuk nilai *index of retained strength* adalah 75% (Bina Marga 1987). Apabila suatu campuran yang memiliki nilai *index of retained strength* $\geq 75\%$ berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan oleh kehadiran air.

Nilai *index of retained strength* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang direndam selama 30 menit (S1).

Dari hasil pengujian *immersion* pada campuran yang menggunakan 100% agregat halus Clereng + 0% agregat halus Sungai Bengawan Solo didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 2177,066 Kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2192,075 Kg. Hasil perhitungan indeks tahanan sisa campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{2177,066}{2192,075} \times 100\% \\
 &= 99,32\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *immersion* pada campuran yang menggunakan 75% agregat halus Clereng + 25% agregat halus Sungai Bengawan Solo didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 2098,514 Kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2133,857 Kg.

Hasil perhitungan indeks tahanan sisa campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{2098,514}{2133,857} \times 100\% \\
 &= 98,34\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *immersion* pada campuran yang menggunakan 50% agregat halus Clereng + 50% agregat halus Sungai Bengawan Solo didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 2042,268 Kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2103,209 Kg. Hasil perhitungan indeks tahanan sisa campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{2042,268}{2103,209} \times 100\% \\
 &= 97,10\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *immersion* pada campuran yang menggunakan 25% agregat halus Clereng + 75% agregat halus Sungai Bengawan Solo didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 1974,923 Kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2037,602 Kg. Hasil perhitungan indeks tahanan sisa campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{1974,923}{2037,602} \times 100\% \\
 &= 96,92\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian *immersion* pada campuran yang menggunakan 0% agregat halus Clereng + 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo didapatkan nilai stabilitas (S2) sebesar 1927,839 Kg dan pengujian *Marshall* standar dihasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 2000,354 Kg. Hasil perhitungan indeks tahanan sisa campuran beton aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Index of retained strength} &= \frac{S2}{S1} \times 100\% \\
 &= \frac{1927,839}{2000,354} \times 100\% \\
 &= 96,37\% \geq 75\%
 \end{aligned}$$

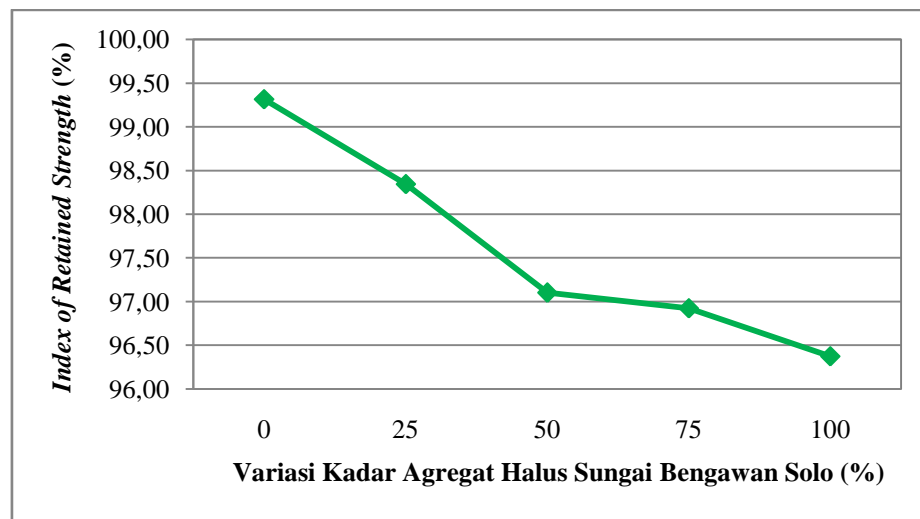
Adapun rekapitulasi *index of retained strength* pada *immersion test* dapat dilihat pada Tabel 5.27, sedangkan grafik hubungan antara variasi proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo dengan *index of retained strength* dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.

Tabel 5.27 Rekapitulasi *Index of Retained Strength* pada *Immersion Test*

Variasi Campuran Agregat Halus (%)		KAO (%)	Stabilitas (kg)		<i>Index of Retained Strength</i> (%)	Keterangan
Clereng	SBS		0,5 jam	24 jam		
100	0	5,45	2192,075	2177,066	99,32	Memenuhi
75	25	5,54	2133,857	2098,514	98,34	Memenuhi
50	50	5,64	2103,209	2042,268	97,10	Memenuhi
25	75	5,77	2037,602	1974,923	96,92	Memenuhi
0	100	5,91	2000,354	1927,839	96,37	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Keterangan : SBS = Sungai Bengawan Solo



Gambar 5.16 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan *Index Of Retained Strength*

Berdasarkan hasil di atas diketahui bahwa semua variasi campuran Laston memiliki nilai *index of retained strength* $\geq 75\%$, berarti semua campuran memiliki ketahanan kekuatan terhadap air, suhu dan udara. Campuran Laston 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai nilai *index of retained strength* lebih kecil dibandingkan campuran Laston 100% agregat halus Clereng. Hal ini dikarenakan nilai VFWA yang rendah serta VITM yang tinggi menyebabkan campuran Laston menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo akan lebih mudah ditembus air, sehingga oksidasi terhadap lapisan mudah terjadi dan lapis perkerasan menjadi lebih cepat rusak.

5.2.7 Karakteristik *Indirect Tensile Strength Test*

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban.

$$ITS = \frac{P \text{ runtuh}}{h} \times A_0$$

Keterangan : ITS = Kuat tarik tidak langsung (kg/cm^2)

P runtuh = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

A_0 = konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)

Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength Test* terhadap variasi campuran pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.28 dibawah ini.

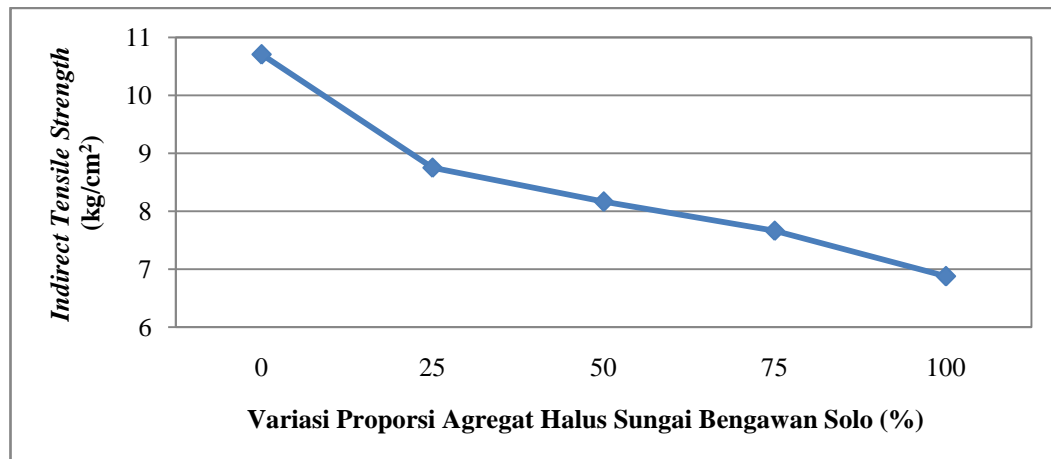
Tabel 5.28 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* Terhadap Variasi Campuran pada Kadar Aspal Optimum

Variasi Campuran (%)		KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A_0	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm^2)
Clereng	SBS						
100	0	5,45	411,780	10	6,099	0,159	10,703
75	25	5,54	340,818	10	6,173	0,159	8,752
50	50	5,64	315,314	10	6,122	0,159	8,164
25	75	5,77	296,958	10	6,143	0,159	7,663
0	100	5,91	266,305	10	6,139	0,159	6,877

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Keterangan : SBS = Sungai Bengawan Solo

Adapun hubungan persentase variasi proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo dengan *Indirect Tensile Strength* pada kadar aspal optimum ditunjukkan pada Gambar 5.16 sebagai berikut.



Gambar 5.17 Grafik Hubungan antara Variasi Proporsi Agregat Halus Sungai Bengawan Solo dengan *Indirect Tensile Strength*

Berdasarkan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston maka nilai *Indirect Tensile Strength* semakin menurun. Menurunnya nilai *Indirect Tensile Strength* dikarenakan agregat halus Sungai Bengawan Solo mempunyai bentuk butiran yang bulat, sehingga kekuatan untuk saling mengunci antar agregat kurang.

Faktor lain yang menyebabkan campuran aspal beton 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai *Indirect Tensile Strength* kecil yaitu agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki penyerapan agregat terhadap air yang tinggi sehingga aspal yang terserap oleh agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih banyak. Hal ini mengakibatkan sisa aspal untuk mengikat antar agregat menjadi semakin sedikit.

5.2.8 Pembahasan Karakteristik Campuran Aspal Beton Secara Keseluruhan

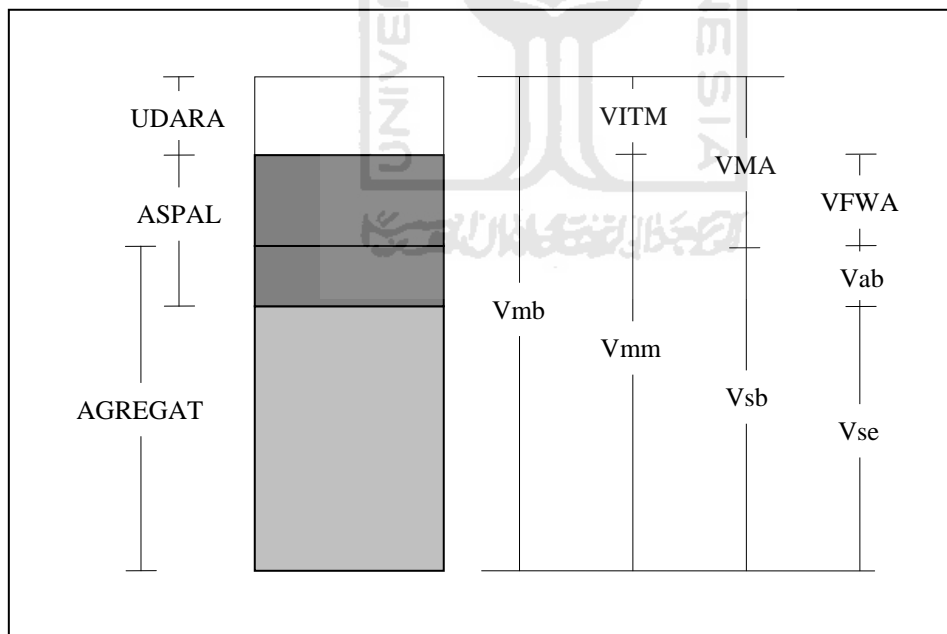
Seperti yang terlihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.14, bahwa campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai *density* yang lebih kecil. Campuran aspal beton dengan nilai *density* yang kecil tidak mampu menahan beban yang lebih besar dengan kata lain nilai *density* yang kecil akan menghasilkan nilai stabilitas yang kecil juga. Hal ini terlihat pada Gambar 5.1 dan

Gambar 5.8, bahwa campuran campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai stabilitas yang lebih kecil.

Campuran aspal beton dengan nilai *density* kecil memiliki rongga yang lebih besar sehingga campuran aspal beton tersebut menjadi kurang rapat. Semakin kurang rapat suatu campuran aspal beton akan menghasilkan nilai stabilitas yang semakin kecil.

Semakin kurang rapat agregat akan menghasilkan nilai VITM yang semakin besar. Hal ini terlihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.11, bahwa campuran campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai VITM yang lebih besar.

Nilai VITM pada campuran aspal beton berlawanan nilainya dengan VFWA. Hal ini dikarenakan pada nilai VITM yang besar, maka jumlah rongga udaranya besar, sehingga rongga antar agregat yang terisi aspal sedikit, yang berarti nilai VFWA kecil. Hal ini dapat dijelaskan lebih dalam pada Gambar 5.18 berikut ini.



Gambar 5.18 Skema Volume Aspal Beton

Keterangan :

VITM = volume pori udara dalam aspal beton

VMA = volume pori antara butiran agregat di dalam aspal beton

VFWA = volume pori antar agregat yang terisi aspal pada aspal beton

Vab = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari aspal beton

Vmb = volume bulk campuran aspal beton

Vmm = volume tanpa pori udara dari aspal beton

Vsb = volume bulk dari agregat

Vse = volume efektif agregat

Berdasarkan Gambar 5.18 terlihat bahwa semakin besar nilai VITM, maka nilai VFWA akan semakin kecil. Hal ini juga ditunjukkan pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.12, bahwa campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai VFWA yang kecil.

Semakin kurang rapat agregat akan menghasilkan nilai VMA yang semakin besar. Hal ini terlihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.13, bahwa campuran campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo memiliki nilai VMA yang lebih besar.

Berat jenis yang kecil dan bentuk butiran yang bulat akan mengakibatkan rongga udara dalam campuran aspal beton semakin besar, sedangkan penyerapan agregat yang tinggi terhadap air mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat banyak, sehingga sisa aspal untuk menutup rongga semakin kecil. Hal ini akan mengakibatkan nilai VMA dan VITM yang lebih besar, serta nilai VFWA yang lebih kecil sehingga memberikan selimut aspal terhadap butiran agregat yang makin kecil (film aspal tipis). Film aspal yang tipis dan rongga udara yang besar mengakibatkan lapisan tidak kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan mudah mengalami kerusakan sehingga hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan pada nilai stabilitas, *Index of Retained Strength*, dan *Indirect Tensile Strength*. Hal ini seperti yang terlihat pada Gambar 5.1, 5.15, dan 5.16, bahwa campuran 100% agregat halus Sungai Bengawan Solo menghasilkan nilai stabilitas, *Index of Retained Strength*, dan *Indirect Tensile Strength* yang semakin menurun.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) dengan variasi campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut.

1. Agregat halus Sungai Bengawan Solo layak dan dapat digunakan sebagai campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Hal ini dapat dibuktikan dengan pengujian agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai pengganti agregat halus Clereng, yaitu pengujian berat jenis, penyerapan agregat terhadap air, dan *sand equivalent* yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010.
2. Proporsi optimum penggunaan pasir Sungai Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yaitu pada proporsi 25% terhadap total agregat halus karena memberikan hasil yang optimum. Hal ini seperti yang terlihat pada Tabel 5.26 yaitu pada proporsi 25% terhadap total agregat halus menghasilkan nilai *density* yang besar, sehingga akan memberikan rongga antar butiran agregat (*voids in mineral aggregate*) yang kecil dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in the total mix*) yang kecil. Nilai VITM yang kecil akan menyebabkan banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*) besar maka dengan kondisi tersebut akan menghasilkan stabilitas yang tinggi.
3. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran aspal beton mempengaruhi hasil dari karakteristik *Marshall*, yaitu mengalami penurunan pada nilai stabilitas, *flow*, VFWA, dan *density*, sedangkan nilai *marshall quotient*, VITM, dan VMA mengalami

kenaikan seiring penambahan proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC).

4. Bertambahnya proporsi agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) menghasilkan nilai *Index of Retained Strength* yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan nilai VFWA yang rendah serta VITM yang tinggi menyebabkan campuran Laston menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo akan lebih mudah ditembus air, sehingga oksidasi terhadap lapisan mudah terjadi dan lapis perkerasan menjadi lebih cepat rusak. Walaupun demikian nilai *Index of Retained Strength* dengan pengujian *Immersion* 24 jam pada semua variasi campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010 yaitu $\geq 75\%$.
5. Semakin besar persentase penggantian agregat halus dari agregat halus Clereng ke agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) menghasilkan nilai *Indirect Tensile Strength* yang semakin menurun.

6.2 SARAN

Merujuk pada hasil penelitian campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) menggunakan agregat halus Sungai Bengawan Solo sebagai bahan pengganti agregat halus Clereng, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Agregat halus Sungai Bengawan Solo dapat digunakan sampai pada proporsi 75% terhadap total agregat halus. Apabila proporsi campuran agregat halus Sungai Bengawan Solo lebih dari 75% terhadap total agregat halus maka nilai karakteristik *Marshall* menjadi lebih buruk.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut penggunaan agregat halus Sungai Bengawan Solo ke dalam campuran Laston AC-WC, Laston, dan Latasir.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis lalu lintas lainnya.

4. Pada penelitian ini menggunakan AC 60-70 produksi pertamina, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan aspal jenis lain.
5. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan aspek biaya, maka perlu dilakukan penelitian dengan memperhitungkan aspek biaya.



DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (1987). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)*. Yayasan Penertbit PU. Jakarta.
- Hendri, A.J. dan Nugroho, D. (1996). Pengaruh Penggunaan Pasir Kali Krasak pada Campuran Beton Aspal. *Tugas Akhir*. (Tidak Ditebitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ifana, Y.C. dan Nurhidayati. (2004). Perbedaan Nilai Properties Marshall Aspal Beton Antara Agregat Halus Pasir Pantai dan Pasir Sungai (Penelitian Laboratorium Jalan Raya). *Tugas Akhir*. (Tidak Ditebitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) Untuk Kontrak Harga Satuan Bab VII Spesifikasi Umum*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Republik Indonesia.
- Kennedy, T.W. (1977). "Characterization of Asphalt Pavement Materials Using Indirect Tensile Test". *Proceeding Association of Asphalt Paving Technologists*. Vol. 46. 132-150. San Antonio, Texas.
- Kurniawan, F. (2012). Pengaruh Penggunaan Pasir Vulkanik Merapi Sebagai Agregat Halus Terhadap Kinerja pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). *Tugas Akhir*. (Tidak Ditebitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Laboratorium Jalan Raya UII. (2006). Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. *Panduan Praktikum Jalan Raya*. UII. Yogyakarta.

- Putra, K.H. dan Kurniawan, F. (2005). Komparasi Laston Beragregat Halus Pasir Sungai Kuning Hulu dan Hilir Terhadap Laston Beragregat Halus Pasir Clereng Kulon Progo Dengan Menggunakan Uji Marshall. *Tugas Akhir*. (Tidak Ditebitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Saputra, A.D. dan Sarindra, H. (2006). Tinjauan Karakteristik Marshall pada Campuran Laston Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Teluk Penyucilacap Dibandingkan dengan Agregat Clereng. *Tugas Akhir*. (Tidak Ditebitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- The Aspalt Institute. (1970). *Thickness Design – Full Depth Asphalt Pavement Structure for Highways and Streets*. Maryland.
- Totomihardjo, S. (1995). *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Yasmin, A. dan Siegfried. (2008). *Perencanaan Perkerasan Lentur dan Kaku*. Departemen Pekerjaan Umum.