

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI  
ADDITIVE TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL  
PADA ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE  
(AC-WC)**

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



**Husnan F.W  
07 511 062**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
AGUSTUS 2011**

## **ABSTRACT**

*Asphalt Concrete (AC) is a layer in road construction consisting of coarse aggregate, fine aggregate, filler and hard bitumen, mixed, placed and compacted at a certain temperature. At the time of asphalt at the stage of losing power as a glue between aggregate grains, then the damage early on asphalt mixture is likely occur due to vehicle traffic pass through. This research used coconut shell ash an additive included in the mixture asphalt concrete for the purpose of improving the chemical properties of asphalt mixtures to enhance physical strength. This research aims to study the behavior of Asphalt Concrete mixture added additives and coconut shell ash compared with asphalt concrete mixtures without additives is reviewed by the Marshall method and find the percentage of optimum bitumen content with ingredients added to the mixture of coconut shell ash asphalt concrete wearing course is based on the Marshall test.*

*Research was conducted in the Laboratory og highway FTSP UII Yogyakarta, by taking samples of aggregate from the Laboratory of highway FTSP UII, hard bitumen 60/70 penetration and coconut shell ash through the combustion process itself. The specimens without coconut shell ash each made up 3 samples with levels of 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%. The specimen with the addition of coconut shell ash each made 3 samples with high levels of coconut shell ash 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% of the optimum asphalt content*

*The results using coconut shell ash with additives that do not use coconut shell ash additive produces differences in behavior mix asphalt concrete-wearing course. Judging from the value of stability, flow, density, VFWA, a growing and declining value of VITM, VMA and Marshall Qouient. Judging from the stability of the mixed asphalt concrete-wearing course increase coconut shell ash 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% content coconut shell ash additive optimum of 3,0% against optimum asphalt content*

**Keywords :** *Stability, Flow, VITM, VMA, VFWA, Density, Marshall Qouient*

## ABSTRAK

*Asphalt Concrete (AC)* adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Pada saat aspal berada pada tahap kehilangan kekuatan sebagai perekat antara butiran agregat, maka kerusakan dini pada campuran-beraspal sangat mungkin terjadi akibat lalu lintas kendaraan yang melewatinya. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah abu tempurung kelapa yang dimasukkan dalam campuran *Asphalt Concrete* dengan maksud memperbaiki sifat kimiawi aspal untuk meningkatkan kekuatan fisik campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku campuran *Asphalt Concrete* yang ditambah zat *additive* abu tempurung kelapa dan dibandingkan dengan campuran *Asphalt Concrete* tanpa *additive* ditinjau dengan metode *Marshall* dan mencari persentase kadar aspal optimum dengan bahan tambah abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* berdasarkan tes *Marshall*.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII Yogyakarta, dengan mengambil sampel agregat dari Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, aspal keras penetrasi 60/70 dan abu tempurung kelapa diproses sendiri melalui pembakaran. Benda uji tanpa abu tempurung kelapa masing-masing dibuat 3 sampel dengan kadar 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%. Benda uji dengan Penambahan abu tempurung kelapa masing-masing dibuat 3 sampel dengan kadar abu tempurung kelapa 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% terhadap kadar aspal optimum.

Hasil penelitian menggunakan *additive* abu tempurung kelapa dengan yang tidak menggunakan *additive* abu tempurung kelapa menghasilkan perbedaan perilaku campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course*. Dilihat dari nilai stabilitas, *flow*, *density*, VFWA yang semakin membesar serta menurunnya nilai VITM, VMA, dan *Marshall Qoutient*. Ditinjau dari stabilitas pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* penambahan abu tempurung kelapa 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% kadar *additive* optimum abu tempurung kelapa sebesar 3,0% terhadap kadar aspal optimum.

**Kata Kunci** : Stabilitas, *Flow*, VITM, VMA, VFWA, *Density*, *Marshall Quotient*

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Grafik Gradasi Campuran	18
Gambar 4.1 Bagan Alir Kegiatan Penelitian	43
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas	51
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i>	52
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM	54
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA	55
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA	56
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Density</i>	57
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i>	59
Gambar 5.8 Hubungan Antara Nilai Stabilitas dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	68
Gambar 5.9 Grafik Persentase Kenaikan Nilai Stabilitas dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	69
Gambar 5.10 Hubungan Antara nilai <i>Flow</i> dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	70
Gambar 5.11 Grafik Persentase Penurunan nilai <i>Flow</i> dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	71
Gambar 5.12 Hubungan Antara Nilai VITM dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	72
Gambar 5.13 Grafik Persentase Penurunan nilai VITM dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	73
Gambar 5.14 Hubungan Antara Nilai VMA dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada campuran	

	<i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	74
Gambar 5.15	Grafik Persentase Penurunan nilai VMA dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	75
Gambar 5.16	Hubungan Antara Nilai VFWA dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	76
Gambar 5.17	Grafik Persentase Penurunan nilai VFWA dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	77
Gambar 5.18	Hubungan Antara Nilai <i>Density</i> dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	78
Gambar 5.19	Grafik Persentase Penurunan nilai <i>Density</i> dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	79
Gambar 5.20	Hubungan Antara Nilai MQ dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	80
Gambar 5.21	Grafik Persentase Penurunan nilai MQ dengan Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i>	81

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR ISTILAH .....	xix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
BAB II. STUDI PUSTAKA .....	5
2.1 Aspal .....	5
2.2 Agregat.....	5
2.3 <i>Filler</i> .....	6
2.4 Bahan Tambah .....	6
2.5 Abu Tempurung Kelapa.....	6
2.5.1 Silika .....	7
2.5.2 Klorid .....	7

2.5.3	Karbon Dioksida .....	7
2.5.4	Sulfida Dioksida.....	8
2.5.5	Air .....	8
2.5	<i>Asphalt Concrete</i> (AC).....	8
2.6	Hasil Penelitian Sebelumnya.....	8
BAB III.	LANDASAN TEORI.....	10
3.1	Macam-macam Konstruksi Jalan .....	10
3.1.1	Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ).....	10
3.1.2	Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ) .....	10
3.1.3	Perkerasan <i>Composite</i> ( <i>Composite Pavement</i> ) .....	10
3.2	Struktur Perkerasan .....	11
3.3	Karakteristik Perkerasan Lentur.....	12
3.3.1	Stabilitas ( <i>Stability</i> ).....	12
3.3.2	Keawetan/Daya Tahan ( <i>Durability</i> ).....	12
3.3.3	Kelenturan ( <i>Fleksibility</i> ) .....	13
3.3.4	Kekesatan Permukaan ( <i>Skid Resistance</i> ) .....	13
3.3.5	Tahanan Terhadap Kelelahan ( <i>Fatigue Resistance</i> ) ....	13
3.3.6	Kemudahan Dalam Pelaksanaan ( <i>Workability</i> ) .....	13
3.3.7	Kekedapan Terhadap Air ( <i>Permeability</i> ).....	13
3.4	Bahan Penyusun Perkerasan .....	14
3.4.1	Agregat.....	14
3.4.2	Aspal Keras/ <i>Asphalt Cement</i> (AC) .....	19
3.4.3	Abu Tempurung Kelapa.....	20
3.5	Spesifikasi Campuran.....	20
3.6	Parameter <i>Marshall Test</i> .....	20
3.6.1	<i>Density</i> .....	20
3.6.2	<i>Void In The Mix</i> (VITM).....	21
3.6.3	<i>Void Filled Asphalt</i> (VFWA) .....	22
3.6.4	<i>Void In Mineral Agregat</i> (VMA) .....	24
3.6.5	Stabilitas.....	24
3.6.6	Nilai Kelelahan ( <i>Flow</i> ).....	25

3.6.7	Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	26
3.8	<i>Immersion Test</i> .....	26
BAB IV.	METODOLOGI PENELITIAN.....	28
4.1	Metode Penelitian.....	28
4.2	Metode Pengambilan Sampel.....	28
4.3	Metode Pengambilan Data.....	29
4.3.1	Pemeriksaan Bahan.....	29
4.3.2	Peralatan Penelitian.....	31
4.3.3	Lokasi Pengumpulan Data.....	32
4.3.4	Waktu Pengumpulan Data.....	32
4.4	Proses Pembuatan Abu Tempurung Kelapa.....	32
4.4.1	Sumber Abu Tempurung Kelapa.....	32
4.4.2	Bentuk Abu Tempurung Kelapa.....	32
4.4.3	Proses Pembuatan Abu Tempurung Kelapa.....	32
4.5	Perencanaan Campuran.....	33
4.5.1	Campuran Aspal Tanpa <i>Additive</i> Abu Tempurung Kelapa.....	34
4.5.2	Campuran Aspal dengan <i>Additive</i> Abu Tempurung Kelapa.....	35
4.6	Cara Melakukan Pengujian.....	37
4.6.1	Pengujian <i>Marshall Standart</i> .....	37
4.6.2	Pengujian Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i> .....	37
4.7	Cara Analisis Data.....	38
4.8	Bagan Alir Metodologi Penelitian.....	43
BAB V.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
5.1	Hasil Penelitian Karakteristik Aspal.....	45
5.2	Hasil Penelitian Karakteristik Agregat.....	45
5.3	Hasil Penelitian Gradasi Agregat Untuk Campuran.....	46
5.4	Hasil Pemeriksaan Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i> .....	49



5.4.1	Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i> Tanpa Penambahan Abu Tempurung Untuk menentukan KAO.....	49
5.5	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Parameter <i>Marshall</i> .....	50
5.5.1	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas .....	50
5.5.2	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Flow</i> .....	52
5.5.3	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Void In Total Mix (VITM)</i> .....	53
5.5.4	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Void In Mineral Agregate (VMA)</i> .....	54
5.5.5	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i> .....	55
5.5.6	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Density</i> .....	57
5.5.7	Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai <i>Marshall Qoutient</i> .....	58
5.6	Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)</i> dengan Variasi Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada KAO .....	61
5.7	Hasil Pemeriksaan <i>Immersion Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada Kadar Aspal Optimum (KAO) dan Kadar Abu Tempurung Kelapa Optimum .....	62

5.8	Pembahasan.....	63
5.8.1	Karakteristik Bahan.....	63
5.8.2	Pengaruh Abu Tempurung Terhadap Sifat Fisik Aspal.....	66
5.9	Pengaruh Penambahan Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Parameter <i>Marshall</i> .....	67
5.9.1	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Stabilitas.....	67
5.9.2	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Flow</i> .....	70
5.9.3	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Void In Total Mix</i> (VITM) .....	72
5.9.4	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Void In Mineral Agregate</i> (VMA) .....	73
5.9.5	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Void Filled With Asphalt</i> (VFWA) .....	76
5.9.6	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Density</i> .....	78
5.9.7	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> .....	80
5.10	Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai <i>Index Of Retained Strength</i> .....	82
5.11	Analisis Ketersediaan Zat <i>Additive</i> Abu Tempurung Kelapa di Lapangan Untuk Pekerjaan Jalan.....	83
5.12	Rekapitulasi Hasil Penelitian .....	86

BAB VI. SIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Simpulan .....	88
6.2 Saran-Saran .....	88
DAFTAR PUSTAKA .....	90



## DAFTAR ISTILAH

<i>Asphalt Cement</i>	: Aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang.
Agregat	: Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.
Abu Tempurung Kelapa	: Tempurung kelapa dibakar dengan suhu tertentu sampai membentuk abu.
Angular	: Bersudut, bentuk fisik dari agregat.
Aspal	: Bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna coklat gelap atau hitam pekat seiring tersusun dari <i>asphaltenes</i> dan <i>maltenes</i> .
<i>Bleeding</i>	: Naiknya aspal ke permukaan.
Daktilitas	: Keuletan, nilai elastisitas aspal.
Deformasi	: Perubahan bentuk dari perkerasan setelah menerima beban.
<i>Density</i>	: Kepadatan, berat campuran yang diukur tiap satuan volume.
Durabilitas	: Keawetan, daya tahan lapisan perkerasan menahan keausan dari pengaruh cuaca, air dan suhu serta gesekan roda kendaraan.
<i>Fatigue resistance</i>	: Ketahanan perkerasan terhadap kelelahan akibat beban lalu lintas tanpa terjadi keretakan.
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi, kumpulan mineral agregat yang lolos saringan #200 (0,075 mm).

<i>Film aspal</i>	: Tebal lapisan aspal yang menyelimuti agregat.
Fleksibilitas	: Kelenturan, kemampuan lapis perkerasan mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa terjadi akibat keretakan dan perubahan bentuk.
<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 millimeter.
<i>FT-IR</i>	: <i>Fourier Transform InfraRed</i>
<i>Gap graded</i>	: Gradasi Timpang, suatu campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau sedikit sekali.
Gradasi	: Susunan butiran agregat sesuai dengan ukuran.
Gradasi Menerus	: Susunan butiran agregat yang terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butiran.
<i>Immersion Test</i>	: Pengujian perendaman untuk mencari rasio nilai stabilitas.
<i>Index Of Retained Strength</i>	: Indeks perendaman, rasio nilai stabilitas terhadap rendaman standar 0,5 jam.
Indeks penetrasi	: Indeks untuk menyatakan hubungan perubahan viskositas aspal terhadap temperatur.
<i>Internal Friction</i>	: Gesekan antar agregat dalam campuran, yang merupakan kombinasi dari gesekan dan tahanan pengunci dari agregat campuran.

KAO	: Kadar aspal optimum, kadar aspal tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua sifat lapis perkerasan.
Kohesi	: Kemampuan aspal mempertahankan agregat ditempatnya setelah terjadi pengikatan.
<i>Marshall Test</i>	: Pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai kelelahan plastis.
<i>Marshall Quotient</i>	: Perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan plastis.
<i>Raveling</i>	: Lepasnya butiran dari perkerasan.
<i>Rigid Pavement</i>	: Perkerasan kaku, perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat.
<i>Sand Equivalent</i>	: Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus.
Stabilitas	: Kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban sampai terjadi perubahan bentuk.
<i>Stripping</i>	: Pengulapasan lapis permukaan yang ditahan oleh sifat adhesi dari bahan ikat.
VFWA	: Volume pori diantara butir agregat yang terisi aspal.
Viskositas	: Kekentalan aspal.
VITM	: Volume rongga yang terdapat dalam total campuran.

VMA

: Volume rongga yang terdapat diantara butir agregat dalam campuran perkerasan, termasuk rongga yang terisi aspal efektif.



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemeriksaan senyawa kimia abu tempurung kelapa
- Lampiran 2. Pemeriksaan analisa saringan pada kadar aspal 5,0%
- Lampiran 3. Pemeriksaan analisa saringan pada kadar aspal 5,5%
- Lampiran 4. Pemeriksaan analisa saringan pada kadar aspal 6,0%
- Lampiran 5. Pemeriksaan analisa saringan pada kadar aspal 6,5%
- Lampiran 6. Pemeriksaan analisa saringan pada kadar aspal 7,0%
- Lampiran 7. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- Lampiran 8. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus
- Lampiran 9. Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal
- Lampiran 10. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*
- Lampiran 11. Pemeriksaan *Sand equivalent*
- Lampiran 12. Pemeriksaan penetrasi aspal
- Lampiran 13. Pemeriksaan penetrasi aspal dengan abu tempurung kelapa 3,0%
- Lampiran 14. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
- Lampiran 15. Pemeriksaan titik lembek aspal
- Lampiran 16. Pemeriksaan titik lembek aspal dengan abu tempurung kelapa 3,0%
- Lampiran 17. Pemeriksaan berat jenis aspal
- Lampiran 18. Pemeriksaan berat jenis abu tempurung kelapa
- Lampiran 19. Pemeriksaan daktilitas aspal
- Lampiran 20. Pemeriksaan kelarutan aspal dalam TCE
- Lampiran 21. *Marshall test* aspal optimum *Asphalt Concrete-Wearing Course*
- Lampiran 22. *Marshall test* aspal optimum *Asphalt Concrete –Wearing Course + abu tempurung*
- Lampiran 23. *Immersion test* aspal optimum *Asphalt Concrete-Wearing Course + abu tempurung.*



## DAFTAR NOTASI

- a = Prosentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Prosentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat jenis sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh SSD (gr)
- e = Berat benda uji di dalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)
- g = Berat isi sample (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 terhadap campuran (VITM) (%)
- o = Nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*
- q = Stabilitas (Kg)
- r = *Flow* (mm)
- s = *Marshall Quotient* (Kg/mm)

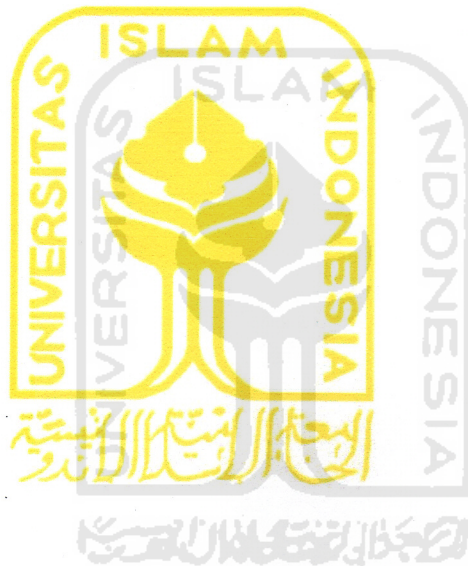
## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Senyawa Abu Tempurung Kelapa	7
Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	17
Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	17
Tabel 3.3 Batas Gradasi Menerus Agregat Campuran No III	18
Tabel 3.4 Persyaratan AC 60-70	19
Tabel 3.5 Spesifikasi Kualitas Campuran Laston	20
Tabel 4.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	32
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan AC 60/70	45
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	46
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	46
Tabel 5.4 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,0%	47
Tabel 5.5 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%	47
Tabel 5.6 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,0%	48
Tabel 5.7 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,5,0%	48
Tabel 5.8 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 7,0%	49
Tabel 5.9 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> dengan Variasi Kadar Aspal	50
Tabel 5.10 Spesifikasi <i>Marshall Properties</i> Untuk Lalu Lintas Tinggi	60
Tabel 5.11 Kadar Aspal Optimum	60
Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete -Wearing Course</i> dengan Variasi Abu Tempurung Kelapa	61
Tabel 5.13 Kadar Abu Tempurung Kelapa Optimum	62
Tabel 5.14 Hasil Pemeriksaan <i>Immersion Test</i> Campuran <i>Asphalt Concrete</i>	63
Tabel 5.15 Hasil Pemeriksaan Terhadap Penetrasi dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa	66
Tabel 5.16 Hasil Pemeriksaan Terhadap Titik Lembek dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa	67
Tabel 5.17 Hasil Pemeriksaan <i>Immersion Test</i> pada Kadar Aspal Optimum dan Kadar Abu Tempurung kelapa Optimum	82

## TUGAS AKHIR

# PENGARUH ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI ADDITIVE TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC)

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



**Husnan F.W**  
**07 511 062**

**Disahkan Oleh:**

**Pembimbing:**

**(Ir. Bachnas, M.Sc)**

**Tanggal: 22-08-2011**

**Ketua Jurusan :**



**(Ir. H. Suharyatmo, M.T)**

**Tanggal: 22/8/2011**

## TUGAS AKHIR

# PENGARUH ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI ADDITIVE TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC)

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




**Husnan F.W**  
**07 511 062**

**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing/Penguji:**  
**Ir.Bachnas,M.Sc**

**Penguji:**  
**Miftahul Fauziah, S.T.,M.T.,Ph.D**

**Penguji:**  
**Ir.H.Corry Ya'cub, M.S**

  
22/8-2011

  
22/8-2011

  
22/8/11

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah ﷻ, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Pengaruh Abu Tempurung Kelapa sebagai Additive Terhadap Karakteristik Marshall pada Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. **Bapak Ir.Bachnas,M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir
2. **Ibu Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D** selaku Dosen Penguji Tugas Akhir dan Kepala Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
3. **Bapak Ir.H.Corry Ya'cub, M.S** selaku Dosen Penguji Tugas Akhir
4. **Bapak Sukamto dan Pranoto** selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

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

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Yogyakarta, Agustus 2011

Husnan F.W  
07 511 062

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

“ Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu yang berusaha untuk merubahnya”

“...Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang yang berilmu pengetahuan beberapa derajat...” (Q.S. Al-Mujaadalah : 11)

“Demi masa, sesungguhnya semua manusia itu dalam keadaan merugi. Kecuali orang-orang yang beriman lagi mengerjakan amal saleh, saling menasehati dalam kebenaran dan kesabaran” (Q.S. Al-Ashr : 1 – 3)

“Shalat dapat menjernihkan pikiran, dan hanya shalatlah yang dapat meninggikan derajatmu dihadapan-Nya”

### PERSEMBAHAN

Terima kasih yaa Allah atas rahmat Mu sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dan semua ini Husnan F.W persembahkan kepada :

Ayah dan Ibu yang aku hormati...

yang selama ini membesarkan, mendidik, membimbing, mengawasi, memberikan dukungan baik spiritual maupun materi, yang belum mampu aku balas,

Abang dan kakak yang aku cintai...

Yang memberikan semangat untuk terus berjuang, dan terus menemani aku dalam suka maupun duka.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Saat ini telah banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas konstruksi perkerasan jalan, diantaranya dengan melakukan penelitian mengenai komposisi campuran pada perkerasan dengan berbagai alternatif material. Umumnya penelitian tersebut dilakukan adalah selain untuk mengkaji kemungkinan penggunaan material sebagai bahan baru untuk bahan perkerasan, juga upaya untuk mendapatkan suatu campuran beraspal yang bermutu dan murah.

Beton Aspal (*Asphaltic Concrete/AC*) adalah salah satu bahan untuk lapis permukaan (*Surface Course*) pada perkerasan lentur yang sangat populer di Indonesia. Komposisi campuran, metode perhitungan tebal lapisan dan jenis material tambah yang digunakan dalam perkerasan lentur telah banyak dikembangkan dan diteliti saat ini. Umumnya perkerasan lentur terdiri atas komposisi agregat kasar, agregat halus, aspal dan bahan pengisi (*filler*), bahan tambah terkadang ditambahkan pula dalam campuran untuk mendapatkan karakteristik campuran beraspal yang baik dan berkualitas.

Masalah perkerasan beberapa tahun yang lalu berkisar dengan desain perkerasan, beban lebih (*overloading*), kerusakan struktur dan usaha-usaha meningkatkan ketahanan perkerasan terhadap beban lalu-lintas. Akhir-akhir, ini pada jaringan jalan yang telah mantap timbul masalah yang berdimensi lain yaitu kerusakan yang disebabkan oleh kualitas bahan, terutama aspal. Kerusakan struktur yang secara dini, tidak lagi dapat dikorelasikan dengan teori desain. Penurunan kualitas aspal ternyata juga disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan jenis-jenis minyak tertentu yang dulu turut memperkaya sifat aspal, saat ini diperas lebih keras dari minyak bumi menyisakan aspal yang telah kering dan mudah teroksidasi. Dalam usaha untuk mengembalikan beberapa sifat penting yang hilang tersebut, beberapa bahan kimia ditambahkan, biasanya *polymer* dan bahan-bahan lain, agar untuk kerja aspal sesuai dengan yang diharapkan. Pada

penelitian ini digunakan bahan tambah abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang ditujukan untuk memperbaiki kelemahan aspal. Hal ini disebabkan abu tempurung kelapa memiliki unsur silika, yang dimana unsur silika ini bersifat *pozzolan*, yaitu suatu sifat bahan yang bila diberi air memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk, tapi pada saat mengering bersifat keras dan sulit untuk deformasi.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah ada perbedaan perilaku campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang ditambahkan dengan zat *additive* abu tempurung kelapa dengan yang tidak ditambahkan zat *additive* abu tempurung kelapa ditinjau dengan metode *Marshall* ?
2. Apabila ada perbedaan perilaku campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course*, (AC-WC) yang ditambahkan zat *additive* abu tempurung kelapa dengan yang tidak ditambahkan zat *additive* abu tempurung kelapa. berapakah prosentase kadar *additive* optimum yang ditambahkan pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) ?

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis perilaku campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang ditambah zat *additive* abu tempurung kelapa dengan yang tidak ditambahkan zat *additive* abu tempurung kelapa berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 1987.
2. Mencari prosentase kadar *additive* optimum dengan bahan tambah abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) berdasarkan tes *Marshall*.



#### 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Memperluas pengetahuan di dunia teknik khususnya dalam konstruksi perkerasan jalan.
2. Sebagai masukan bagi Departemen Pekerjaan Umum dan instansi-instansi terkait dalam merencanakan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.

#### 1.5 BATASAN PENELITIAN

Agar penelitian ini dapat berjalan secara sistematis maka permasalahan yang ada perlu dibatasi dengan batasan-batasan sebagai berikut :

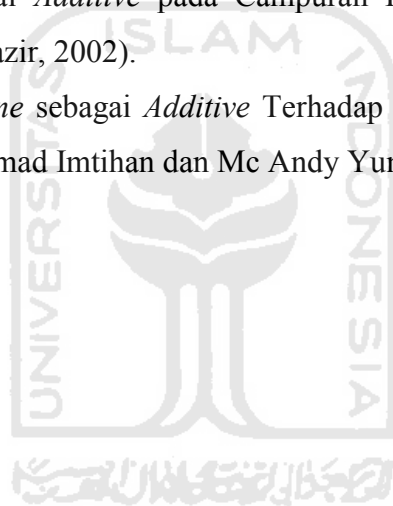
1. Penelitian ini menggunakan spesifikasi *Marshall Test* dan
2. *Immersion Test* selama 24 jam dengan tanpa perlakuan khusus pada suhu luar ruangan, mengacu pada spesifikasi Bina Marga 1987.
3. Gradasi yang digunakan adalah gradasi rapat Nomor III jenis lapis perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.
4. Aspal yang digunakan AC 60-70 produksi Pertamina dengan Variasi kadar aspal 5,0 % ; 5,5% ; 6,0 % ; 6,5 % ; 7,0% terhadap total campuran 1200 gram.
5. Bahan tambah yang digunakan adalah abu tempurung dengan kadar pemakaian sebesar 1,0 % ; 2,0 % ; 3,0 % ; 4,0 % ; 5,0 % terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO).
6. Agregat yang digunakan berasal dari Laboratorium Jalan Raya UII Yogyakarta.
7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
8. Tidak memperhitungkan aspek biaya
9. *Filler* yang digunakan dari abu batu
10. Penelitian Senyawa Kimia abu tempurung dengan metode *FT-IR*.
11. Penelitian terhadap *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan dan tanpa zat *additive* menggunakan metode *Marshall* untuk lalulintas berat (2 x 75 tumbukan) berdasarkan SKBI Laston 1987.

## 1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Menurut sepengetahuan penulis, penelitian tentang Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik *Marshall* pada *Asphalt Concrete-Wearing Concrete* (AC-WC) belum ada yang meneliti terutama di Universitas Islam Indonesia.

Adapun peneltiian-penelitian yang serupa yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan Limbah Plastik Keras Sebagai Bahan Tambah (*Additive*) Pada Campuran Beton Aspal (*Asphalt Concrete - Wearing Course*). (Nelfi Susianti,1999).
2. Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minuman (*Poly Ethylene Terephthalate*) Sebagai *Additive* pada Campuran HRA Ditinjau dari Sifat *Marshall*.( Camelia Nazir, 2002).
3. Pengaruh *Poly Ethylene* sebagai *Additive* Terhadap Sifat *Marshall* dan Nilai Kohesi HRA (Muhammad Imtihan dan Mc Andy Yunista, 2004).



## **BAB II STUDI PUSTAKA**

### **2.1 ASPAL**

Aspal dikenal sebagai bahan/material perekat yang bersifat *viskos* atau padat, berwarna hitam atau coklat, yang mempunyai daya lekat (*adhesive*), mengandung bagian-bagian utama yaitu hidrkarbon yang dihasilkan dari minyak bumi atau kejadian alami (aspal alam) dan terlarut dalam karbon *disulfide*. Aspal yang banyak digunakan dalam pelaksanaan adalah aspal dengan penetrasi AC 60-70 dan AC 80-100. Aspal jenis ini dipilih dengan pertimbangan penetrasi relatif rendah, sehingga aspal tersebut dapat dipakai pada lalu lintas tinggi, tahan terhadap cuaca panas. Aspal ini adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta akan berbentuk padat pada keadaan temperatur ruang. (Sukirman, 1193).

### **2.2 AGREGAT**

Agregat terdiri dari pasir, *gravel*, batu pecah, *slag* atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. 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.

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, dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% - 95% terhadap total 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, 1193).

### 2.3 FILLER

*Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral yang lolos saringan No.200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen *Portland*, atau bahan lain. (Totomihardjo, 1995).

Manfaat penggunaan *filler* terhadap campuran beton aspal adalah sebagai berikut ini :

1. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butiran yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran
2. Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspense, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, aspal menjadi lebih kental, dan campuran agregat aspal menjadi bertambah kekuatannya.

Pemberian *filler* pada campuran lapis keras akan memberikan kadar pori yang kecil karena partikel *filler* akan mengisi rongga-rongga pada campuran aspal. Butir pengisi bersama dengan dengan aspal akan membentuk gel yang akan bekerja melumas serta mengikat agregat halus untuk membentuk mortal yang kokoh dengan merubah nilai stabilitasnya. Bina Marga, 1983 dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005)

### 2.4 BAHAN TAMBAH

Bahan tambah adalah bahan untuk meningkatkan kualitas aspal. Dengan bahan *additive* tersebut karakteristik aspal sebagai bahan ikat akan meningkatkan tingkat plastisitas, ketahanan terhadap deformasi permanent, ketahanan terhadap kelelahan pada suhu rendah, memperlambat proses oksidasi terhadap aspal. Totomihardjo, S (1995).dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005)

### 2.5 ABU TEMPURUNG KELAPA

Tempurung kelapa merupakan buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung bagian inti buah dan terletak dibagian dalam setelah sabut.

Tempurung merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3-5 mm. sifat kekerasan ini disebabkan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) di tempurung tersebut. Dari uji *FT-IR* yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Setelah dianalisis didapati hasil uji sebagai berikut ini. Hasil uji dapat dilihat dilampiran 1.

Tabel 2.1 Senyawa Abu Tempurung Kelapa

No.	Senyawa dalam abu tempurung kelapa
1	Silika
2	Klorid
3	Karbon dioksida
4	Sulfida dioksida
5	Air

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium FMIPA UII, 2011

### 2.5.1 Silika

Unsur silika dapat bersifat sebagai *Pozolan*, sifat bahan yang bila diberi air memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk, tapi pada saat mongering bersifat keras dan sulit untuk deformasi. (<http://Juffrez.blogspot.com>)

### 2.5.2 Klorid

Klor adalah salah satu unsur kimia dengan simbol CL dan mempunyai nomor atom 17. Dalam tabel periodik unsure ini termasuk kelompok halogen atau golongan VIIA. Ion klorida pada dasarnya mempunyai mepunyai pengaruh kecil terhadap sifat-sifat kimia dan biologi perairan. Kation dari garam-garam klorida dalam air terdapat dalam keadaan mudah larut.

### 2.5.3 Karbon Dioksida

Karbon dioksida dihasilkan oleh semua tumbuh-tumbuhan dan hewan dan karbon dioksida ini mempunyai sifat tidak mudah terbakar, sehingga pada pemanasan campuran beton aspal senyawa karbon dioksida ini tetap ada.

#### 2.5.4 Sulfida Dioksida

Sulfida dioksida berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan Sulfida trioksida bersifat reaktif, Sulfida trioksida dengan uap air yang ada diudara untuk membentuk asam sulfat, asam sulfat ini sangat reaktif, mudah bereaksi benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan, seperti proses perkaratan (korosi) dan proses kimia lainnya.

#### 2.5.5 Air

Pengaruh uap air terhadap campuran beton aspal dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan beton aspal, karena beton aspal (*Asphalt Concrete, AC*) tidak tahan terhadap pengaruh uap air secara siklik, air permukaan, suhu dan kelembapan internal yang akan mengakibatkan proses oksidasi terhadap campuran beton aspal.

#### 2.5 ASPHALT CONCRETE (AC)

Lapis Aspal Beton (laston, AC) adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang sampai berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan tinggi. Karena itu, bahan ini tidak cocok diletakkan pada lapisan yang fleksibel, seperti lapis penetrasi. Tipe kerusakan yang umumnya terjadi pada lapisan ini adalah retak dan terlepasnya butiran.

#### 2.6 HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

Nelfi susianti (1999) dalam penelitiannya dengan judul “ Pemanfaatan limbah plastik keras sebagai bahan tambah (*Additive*) pada campuran beton aspal (*Asphalt Concrete*). “ Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kenaikan kadar *additive* dari 0% sampai 0,45% menyebabkan nilai *density*, *stabilitas*, *VFWA*, *flow* dan *Marshall Quitient* secara garis besar naik. Sebaliknya nilai *VITM* mengalami penurunan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1988

didapatkan kadar aspal optimum pada kadar *additive* 0% sebesar 6,09%, pada kadar *additive* 0,15% sebesar 5,88% pada kadar *additive* 0,3% sebesar 5,87% dan pada kadar *additive* 0,45% sebesar 5,54%. Berdasarkan hasil diatas limbah plastik keras dapat digunakan sebagai *additive* dalam campuran beton aspal dengan kisaran *additive* sebesar 0% sampai 0,45%.

Camellia Nazir (2002); “ Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minuman (Poly Ethylene Terephthalate) Sebagai *Additive* pada Campuran HRA ditinjau dari Sifat *Marshall*”,. dari hasil penelitian secara umum didapat hasil bahwa penambahan limbah plastik pada campuran HRA mampu memperbaiki sifat-sifat campuran terutama dalam hal stabilitas dan durabilitas HRA tersebut. *Additive* plastik tersebut sebanyak 0,1 % pada perkerasan dengan kadar aspal 7,3 % dapat meningkat kepadatan campuran sebesar 0,55 % sehingga perkerasan menjadi lebih tahan terhadap pengaruh cuaca, stabilitas pun mengalami peningkatan sebesar 6,05 %. Dengan demikian nilai *Marshall Quotient (MQ)* HRA akan naik sebesar 6,8 %.

Muhammad Imtihan Dan Mc Andy Yunista (2004); “ Pengaruh *Poly Ethylene* Sebagai *Additive* Terhadap Sifat *Marshall* dan Nilai Kohesi HRA ”. Hasil penelitian tersebut menunjukkan meningkatnya nilai stabilitas pada penambahan *Poly Ethylene* 4% sebesar 2,781 kg. nilai *flow* pada penambahan *Poly Ethylene* 4% nilai VFWA kecendrungan meningkat dikarenakan *Poly Ethylene* mengisi rongga yang ada dalam campuran, *MQ* indeks perendaman dan kohesi yang lebih tinggi dan nilai VITM serta VMA yang lebih rendah.

## **BAB III LANDASAN TEORI**

### **3.1 MACAM-MACAM KONSTRUKSI JALAN**

#### **3.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, perkerasan ini disebut fleksibel, karena didalam batas-batas tertentu akibat menerima beban yang terus menerus atau berulang-ulang, permukaan ini dapat menyesuaikan diri terhadap pemadatan lapisan-lapisan di bawahnya dengan sifatnya yang elastik dan dapat kembali kepada bentuk aslinya apabila muatan dihilangkan. Apabila muatan yang bekerja pada perkerasan tersebut melebihi kapasitas dukung perkerasan atau lapisan-lapisan pendukung tersebut kehilangan kekuatannya, maka akan terjadi deformasi permanen atau *cracking*.

#### **3.1.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

Perkerasan kaku dan perkerasan beton semen *Portland*, umumnya terdiri dari dua lapis, yaitu: pelat beton dan pondasi bawah (*subbase*), tapi lapisan permukaan aspal kadang-kadang ditambahkan pada saat pembangunan maupun sesudahnya.

#### **3.1.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)**

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. Pada umumnya hal ini dilakukan jika keadaan tanah dasar (*subgrade*) kurang begitu baik, antara lain disebabkan oleh kadar air tanah dan faktor kembang susut tanah yang terlalu tinggi, sehingga *slab* beton diperlakukan sebagai rakit (*rafting*). Perkerasan *composite* juga diterapkan pada jembatan dan *fly over* jika perkerasan yang direncanakan merupakan perkerasan yang fleksibel. Dalam hal ini yang akan diteliti lebih lanjut hanya terbatas pada perkerasan lentur saja, khususnya *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.



### 3.2 STRUKTUR PERKERASAN

Umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung semakin jelek. Jenis lapis perkerasan jalan meliputi :

1. Lapis permukaan (*Surface course*)
2. Lapis pondasi atas (*Base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)
4. Lapis tanah dasar (*Subgrade*)

Dari uraian diatas setiap lapisan perkerasannya berfungsi :

- 1) Lapis permukaan (*Surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai :

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
- b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

- 2) Lapis pondasi atas (*Base course*)

Lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar. Lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakkan lapis permukaan.

### 3) Lapis pondasi Bawah (*Subbase course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase*). Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
- b. Efisien penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar.
- e. Lapis *filler* untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.

### 4) Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar mempunyai fungsi yaitu :

- a. Tempak peletak pondasi.
- b. Pemberi daya dukung tanah.

## 3.3 KARAKTERISTIK PERKERASAN LENTUR

Secara umum karakteristik yang harus dimiliki suatu campuran untuk lapis perkerasan lentur adalah :

### 3.3.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk (deformasi) konsisten, seperti gelombang, alur maupun naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*).

### 3.3.2 Keawetan/Daya Tahan (*Durability*)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan agar lapis perkerasan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan, air dan perubahan suhu. Sifat aspal dapat berubah akibat oksidasi dan perubahan campuran yang disebabkan oleh air.

### **3.3.3 Kelenturan (*Fleksibility*)**

Fleksibilitas didefinisikan sebagai kemampuan lapis perkerasan mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang, tanpa mengakibatkan retak dan perubahan volume.

### **3.3.4 Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*)**

Kekesatan permukaan adalah kemampuan lapis permukaan (*surface course*) pada lapis perkerasan untuk mencegah terjadinya selip dan tergelincirnya roda kendaraan. Faktor-faktor yang menyebabkan lapis permukaan mempunyai tahanan gesek yang tinggi, hampir sama pada faktor stabilitas.

### **3.3.5 Tahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)**

Tahanan kelelahan adalah ketahanan beton aspal dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan. Kelelahan pada lapis perkerasan yang berupa alur (*Rutting*) dan retak.

### **3.3.6 Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)**

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan, sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang disyaratkan. Sifat kemudahan ini penting karena pada pekerjaan pencampuran, penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan.

### **3.3.7 Kekedapan Terhadap Air (*Permeability*)**

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

### 3.4 BAHAN PENYUSUN PERKERASAN

#### 3.4.1 Agregat

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Krebs, R.D. and Walker, R.D (1971) dikutip oleh Wibowo dan Iqbal (2005).

##### 1. Ukuran dan Gradasi

The Asphalt Institute dikutip oleh sholihah (2010) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga) fraksi, yaitu :

- a. Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm)
- b. Agregat halus, batuan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm)
- c. Mineral pengisi (*filler*), batuan yang lolos saringan No.200.

Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut :

- a) Gradasi seragam/terbuka (*Uniform Open Graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya, sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan volume kecil.
- b) Gradasi rapat/baik (*Dense Well Graded*), gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainasi jelek dan berat volume besar.
- c) Gradasi senjang (*Poorly Gap Graded*), agregat buruk merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua jenis agregat di atas yang merupakan agregat dengan satu atau beberapa fraksi tidak disertakan.

## 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* yaitu :

- 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. Energy pemadatan yang lebih besar akan mengakibatkan *degradasi* pada butiran agregat.

Untuk menguji kekuatan/kekerasan batuan yang digunakan alat *los angeles test*, yaitu metode pengujian ketahanan buatan terhadap benturan (*impact*) dan keausan (*abration*). Bina Marga (1987) menyatakan Persyaratan nilai keausan batuan untuk *surface course* maksimum 40 % sedangkan untuk menguji ketahanan terhadap cuaca/penghancuran (*desintegrasi*) digunakan *soundness test*, agregat dengan *soundness* lebih kecil 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap cuaca dan dapat digunakan untuk lapis perkerasan,

## 2. 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 lebih 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 (tiga) macam, yaitu :

- a. Batuan kasar (*rough*), memberikan *internal friction*, *skid resistance* serta kelekatan aspal yang baik pada campuran, biasanya batu pecah mempunyai *surface texture* yang kasar.
- b. Batuan halus (*smooth*), mudah dilapisi aspal tetapi *internal friction* dan kekekatannya 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 coating*, *surface area*, porositas dan reaktivitas kimia. Lekatan aspal pada batuan akan merupakan ikatan yang kuat jika aspal mengandung asam tertentu dan batuan merupakan basa/*lime stone*.

#### 7. Kebersihan

Bersihnya permukaan batuan dari bahan yang dapat mengalangi 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.

#### 8. Sifat Kimiawi Permukaan

Keadaan ini dipengaruhi oleh keadaan batuanannya, agregat yang bersifat basa biasanya akan lebih mudah dibasahi aspal daripada air (*hidrophobic*), hal ini akan terjadi karena muatan listrik pada agregat adalah muatan listrik positif. Jika muatan listrik pada permukaan agregat adalah negatif maka agregat ini bersifat asam sehingga mudah dibasahi

oleh air daripada aspal (*hidrophillic*). Pengenalan jenis muatan pada permukaan agregat ini penting, karena sekarang tersedia jenis aspal baik yang kationik (muatan listrik positif) maupun *anionic* (muatan listrik negatif) yang dapat dipilih sesuai dengan jenis agregatnya.

Sebagai bahan penyusun campuran, agregat harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 1987, seperti tercantum pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1.	Keausan dengan Mesin Los Angeles	$\leq 40 \%$
2.	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$
3.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3,0 \%$
4.	Berat jenis agregat kasar	$\geq 2,5 \%$

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 3.2. Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1.	Nilai Sand Equivalent	$\leq 50 \%$
2.	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3,0 \%$
3.	Berat jenis agregat halus	$\geq 2,5 \%$

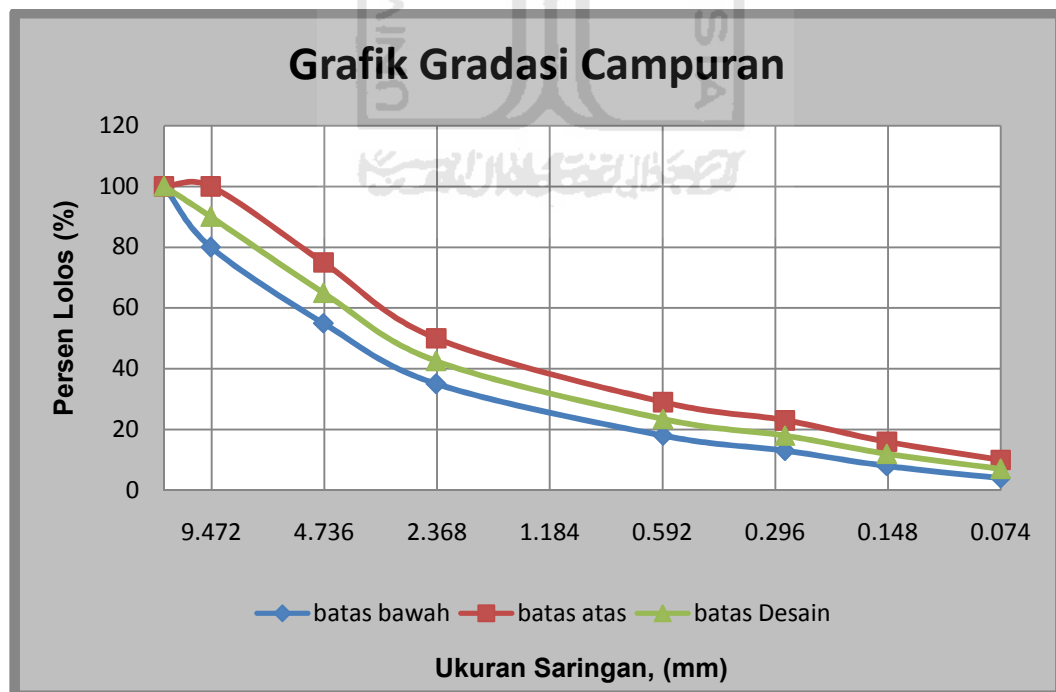
Sumber : Bina Marga, 1987

Bina Marga 1987 mensyaratkan agregat campuran yang digunakan pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Batas Gradasi Menerus Agregat Campuran No III

No.Saringan	Persentase Lolos
1/2'' (12,7 mm)	100
3/8'' (9,52 mm)	80 – 100
No. 4 (4,76 mm)	55 – 75
No. 8 (2,38 mm)	35 – 50
No. 30 (0,59 mm)	18 – 29
No. 50 (0,279 mm)	13 – 23
No. 100 (0,149 mm)	8 – 16
No. 200 (0,074 mm)	4 – 10

Sumber : Bina Marga, 1987



Gambar 3.1 Grafik Gradasi Campuran

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



### 3.4.2 Aspal Keras/*Asphalt Cement* (AC)

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. (Sukirman, 1993).

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal padat atau keras dengan penetrasi 60/70 dan mempunyai nilai karakteristik yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga berdasarkan Petunjuk Lapis Tipis Aspal Beton 1987. Untuk lebih jelasnya, data atau nilai karakteristik aspal dengan penetrasi 60/70 tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 3.4 Persyaratan AC 60-70

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA 0301-76	60 - 79	0,1 mm
2	Titik Lembek	PA 0302-76	48 - 58	°C
3	Titik Nyala	PA 0303-76	Min 200	°C
4	Kelarutan Dalam CCL <sub>4</sub>	PA 0305-76	Min 99	% Berat
5	Daktilitas	PA 0306-76	Min 100	Cm
6	Berat Jenis	PA 0307-76	Min 1	-

Sumber : Bina Marga, 1987

### 3.4.3 ABU TEMPURUNG KELAPA

Abu tempurung kelapa dalam penelitian ini diproses sendiri oleh peneliti dengan cara melakukan proses pembakaran tempurung kelapa sampai menjadi butiran padat yang berupa abu.

### 3.5 SPESIFIKASI CAMPURAN

Pada penelitian ini mengacu pada persyaratan tes *Marshall* yang dikeluarkan oleh Bina Marga dengan jenis kepadatan lalu lintas berat. Spesifikasi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.5 Spesifikasi Kualitas Campuran LASTON

No	Jenis Pemeriksaan	Bina Marga 1987 untuk Lalu Lintas Berat
1	Jumlah Tumbukan	2 x 75
2	Stabilitas (kg)	$\geq 550$
3	<i>Flow</i> /kelelehan (mm)	2 - 4
4	VITM (%)	3 - 5

Sumber : Bina Marga, 1987

### 3.6 PARAMETER *MARSHALL TEST*

#### 3.6.1 *Density*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan ageragat dan aspal. Nilai kepadatan ini juga menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density*, kerapatan dan kepadatan campuran semakin baik sehingga kemampuan perkerasan untuk menahan beban besar semakin meningkat.

Nilai *density* dapat diperoleh menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 :

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

$$f = d - e \quad (3.2)$$

keterangan :

$g$  = Nilai *density* (gr/cm<sup>3</sup>)

$c$  = Berat benda uji sebelum direndam (gr)

$d$  = Berat dalam keadaan jenuh (SSD) (gr)

$e$  = Berat dalam air (gr)

$f$  = isi (cm<sup>3</sup>)

Nilai kepadatan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar aspal dan kekentalan aspal. Semakin tinggi kadar aspal dalam campuran sampai nilai tertentu mampu meningkatkan nilai kepadatannya untuk kemudian menurun. Sedangkan pengaruh kekentalan aspal bersifat sebaliknya, yaitu semakin cair aspalnya maka nilai kepadatan semakin besar. Nilai *density* yang tinggi menunjukkan campuran yang kompak dan rongga yang ada sedikit. Robert, F.L. (1991) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005).

Menurut Atkins, Harold, N (1980) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005) kepadatan meningkat mengikuti kadar aspal yang berbentuk bahan ikat hingga kepadatan maksimum tercapai. Setelah itu kepadatan akan mengalami penurunan yang berarti bahwa aspal berubah fungsi dari pengikat menjadi pelicin.

### 3.6.2 *Void In The Mix (VITM)*

VITM adalah prosentasi antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai aspal maka nilai VITM semakin rendah dan nilai VITM yang besar dapat menyebabkan kelahan semakin cepat.

Nilai VITM diperoleh dari persamaan 3.3 dan 3.4 berikut :

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

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

keterangan :

$g$  = Berat isi sampel (gr/cc)

$h$  = Berat jenis maksimum teoritis campuran

VITM sama dengan artinya dengan porositas dan nilainya akan berkurang seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, karena rongga antar agregat akan semakin terisi aspal. Porositas dipengaruhi antara lain oleh suhu pemadatan, gradasi, energi pemadatan dan kadar aspal. Robert, F.L. (1991) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005)

Menurut The Indiana Departement of Transportation (2001) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005) bahwa rongga dalam total campuran akan mengalami penurunan apabila kadar aspal mengalami peningkatan, dan sebaliknya bila kadar aspal menurun nilai dari rongga udara akan mengalami kenaikan. Nilai kepadatan dan rongga udara secara langsung berhubungan dikarenakan, apabila nilai kepadatan tinggi maka persentase rongga udara akan turun.

### 3.6.3 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah prosentasi rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu dimana rongga terisi aspal pada prosen kadar aspal optimum.

Nilai VFWA diperoleh dengan persamaan 3.5 sampai 3.8 berikut

1. Persentase aspal terhadap campuran

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

Keterangan :

a = Prosentasi aspal terhadap batuan

b = prosentasi aspal terhadap campuran

2. Prosentasi rongga terhadap agregat

$$I = 100 - j \quad (3.6)$$

$$j = \left( \frac{(100 - b) \times g}{B_j \text{ Agregat}} \right) \quad (3.7)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j \text{ Aspal}} \quad (3.8)$$



Keterangan :

g = Berat isi *sample* (gr/cc)

b = Prosentase aspal terhadap campuran

Dari rumus-rumus di atas dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$VFWA = \left[ 100 \times \frac{i}{l} \right] \quad (3.9)$$

Nilai rongga yang terisi aspal terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal permukaan saat suhu perkerasan tinggi, sedangkan nilai VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi. Robert, F.L. (1991) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

Menurut Asphalt Institute (1995) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005) bahwa persentase dari rongga udara yang terisi aspal juga meningkat seiring bertambahnya kadar aspal dikarenakan persentase rongga antar butiran agregat adalah yang terisi aspal tersebut.

#### 3.6.4 Void In Mineral Agregat (VMA)

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 VMA didapat dari persamaan 10 dan 11 berikut :

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

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

Keterangan :

b = Prosentase aspal terhadap campuran

g = Berat isi *sample* (gr/cc)

Nilai rongga dalam mineral agregat pada umumnya mengalami penurunan hingga maksimum kemudian meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Asphalt Institute (1995) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

#### 3.6.5 Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Nilai stabilitas ini masih harus dikoreksi untuk memasukkan nilai

kalibrasi *proving ring* alat dan koreksi ketebalan benda uji. Untuk ini digunakan dengan bantuan tabel koreksi benda uji.

Nilai stabilitas diperoleh dengan persamaan 12 :

$$\text{Nilai Stabilitas} = Q \times p \times r \quad (3.12)$$

Keterangan :

Q = Koreksi tinggi/tebal benda uji (lbs)

p = Nilai pembacaan stabilitas (kg)

r = Kalibrasi *proving ring*

Stabilitas *Marshall* sebenarnya tidak berkaitan langsung dengan stabilitas lapangan. Hal ini disebabkan stabilitas lapangan dipengaruhi oleh beberapa banyak faktor antara lain suhu yang tidak tetap, tipe pembebanan, tekanan alat pemadat dan variabelitas campuran yang dibuat. Robert, F.L. (1991) dikutip oleh oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

Menurut Asphalt Institute (1995) dikutip oleh oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005) menyatakan nilai stabilitas mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai maksimum, setelah itu nilai stabilitas mengalami penurunan.

### 3.6.6 Nilai Kelelahan (*Flow*)

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung terbaca pada arloji *flow* saat pengujian Marshall. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan inci, maka harus dikonversi dalam millimeter.

Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar dan kekentalan aspal, suhu, gradasi dan jumlah pemadatan. Nilai *flow* yang relatif tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis dan lebih mengikuti daformasi akibat beban, sedangkan nilai *flow* yang rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki VFWA yang tinggi dari kondisi normal atau kandungan aspal terlalu

rendah sehingga berpotensi mengalami retak dini dan berdurabilitas rendah. Robert, F.L. (1991) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

Nilai flow meningkat seiring dengan peningkatan aspal, sehingga mengurangi gesekan antar agregat yang disebabkan selimut aspal yang lebih tebal Atkins, Harold, N (1980) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005)

### 3.6.7 Nilai *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* didapatkan dengan membandingkan antara nilai stabilitas dengan *flow*, sesuai dengan persamaan 3.13 berikut :

$$S = \frac{q}{r} \quad (3.13)$$

Keterangan :

q = Stabilitas (Kg)

r = *flow* (mm)

S = *Marshall Quotient* (Kg/mm)

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan tinggi. Lapis perkerasan yang mempunyai MQ yang terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban yang berulang dari lalu lintas, sebaliknya bila nilai MQ terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel (plastis) yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk jika menerima beban lalu lintas. Asphalt Institute (1995) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

### 3.9 IMMERSION TEST

*Immersion Test* atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh cuaca, suhu dan cuaca. Pengujian ini 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 indek tahanan campuran aspal adalah prosentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam ( $S_2$ ) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran campuran biasa ( $S_1$ ), seperti tercantum pada persamaan 15 :

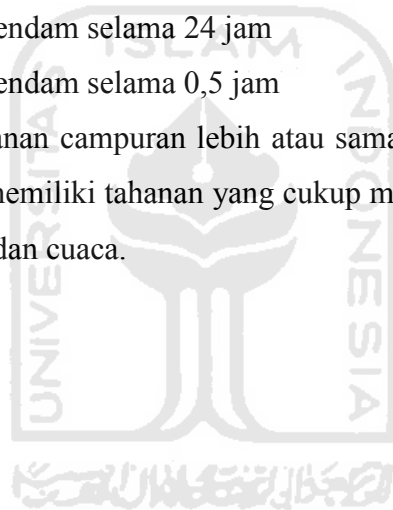
$$\text{Indek of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan :

$S_2$  = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

$S_1$  = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

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



## **BAB IV METODOLOGI 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 tergantung pada metode penelitian yang digunakan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam penelitian 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 abu tempurung kelapa sedang kan variabel tidak bebas karakteristik *Marshall* terutama stabilitas, durabilitas dan kelenturan.

### **4.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL**

Sampel merupakan sebagian 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 dapat memberikan gambaran kondisi campuran beton aspal sepenuhnya.

Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara *nonprobability sampling*. Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk dalam kelompok *purposive sampling*. *Purposive sampling* yaitu, pengambilan sampel yang berdasarkan tujuan. Pada cara ini, siapa yang akan diambil sebagai anggota sampel diserahkan pada pertimbangan penyusun selaku pengumpul data yang berdasarkan atas pertimbangan sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian. (Sukandarrumidi, 2006). Beberapa pedoman yang diperlu dipertimbangkan dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

- a. Pengambilan sampel disesuaikan dengan tujuan penelitian,

- b. 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 abu tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini peneliti proses secara sendiri dengan melakukan proses pembakaran tempurung kelapa.

### 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. Namun sebelum pengumpulan data berlangsung untuk dapat dilakukan penelitian. Tidak ada salahnya jika seorang peneliti memastikan semua data yang dibutuhkan telah tersusun rapi sebelumnya. Data yang diperoleh dapat diambil dari beberapa sumber. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Sumber primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari sumber data, yaitu dengan cara *experiment* langsung dilokasi penelitian. Langkah yang dilakukan yaitu:
  - a. Melakukan pemeriksaan bahan
  - b. Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)
  - c. Mencari kadar *additive* optimum
  - d. Melakukan pengujian *Immersion Test*
2. Data sekunder, yaitu 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 Pemeriksaan Bahan

Persyaratan teknis bahan yang digunakan spesifikasi Bina Marga 1987. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

## 1. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan meliputi :

### a. Keausan Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mesin *Los Angeles*. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0206-76

### b. Penyerapan Agregat terhadap air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penyerapan agregat terhadap air. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0202-76

### c. Berat jenis

Pemeriksaan ini adalah perbandingan berat agregat dengan berat air. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0202-76 untuk berat jenis agregat kasar dan PB-0203-76 untuk berat jenis agregat halus.

### d. *Sand Equivalent*

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus. Prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO.T176-73

### e. Pemeriksaan Kelekatan Terhadap Aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0205-76.

## 2. Pemeriksaan Aspal

### a. Penetrasi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek dengan memasukkan jarum dengan pembebanan tertentu pada waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur ini mengikuti PA-0301-76.

### b. Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini bermaksud untuk menentukan suhu pada saat terjadi nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Syarat minimum dari pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0303-76

c. Titik Lembek

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal pada saat mulai mengalami kelembekan atau mencapai tingkat viskositas yang rendah. Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PA-0302-76

d. Daktilitas

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai elastisitas aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang aspal apabila aspal yang diletakkan pada dua cetakan pada suhu 25 °C ditarik dengan kecepatan 25 mm/detik sampai aspal itu putus. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0300-76

e. Berat jenis aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan menggunakan vicinometer dengan cara perbandingan antara bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76

f. Kelarutan dalam TCE

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam TCE Prosedur pemeriksaan PA-0305-76

#### 4.3.2 Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan yang berada di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

1. Seperangkat alat uji pemeriksaan fisik agregat yang meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standart, tabung *Sand Equivalent*.
2. Alat uji pemeriksaan fisik aspal meliputi alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, titik lembek, titik nyala, dan uji kehilangan berat.
3. Seperangkat alat uji karakteristik campuran metode *Marshall*, meliputi alat tekan yang meliputi *Proving Ring* berkapasitas 2.500 kg dengan ketelitian 12,5 kg (25 Pound), arloji pengukur stabilitas, arloji pengatur kelelahan (*flow meter*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti penumbuk (*compactor*), baik perendaman (*water bath*), oven, kompor pemanas, spatula.

### 4.3.3 Lokasi Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

### 4.3.4 Waktu Pengumpulan Data

Penelitian mulai tanggal 15 Februari 2011 sampai 15 Mei 2011 dengan jadwal sebagai berikut :

Tabel 4.1 . Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Bulan ke-	Februari				Maret				April				Mei			
Minggu ke-	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan Proposal																
Persiapan alat dan bahan																
Pembuatan benda uji																
Pengujian benda uji																
Analisis data																

## 4.4 PROSES PEMBUATAN ABU TEMPURUNG KELAPA

### 4.4.1 Sumber Abu Tempurung Kelapa

Dalam peneliitan ini abu tempurug kelapa diperoleh melalui proses pembakaran tempurung kelapa yang dilakukan langsung oleh peneliti.

### 4.4.2 Bentuk Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa dalam penelitian ini berwarna abu-abu, dan abu yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu yang lolos saringan No 200.

### 4.4.3 Proses Pembuatan abu tempurung kelapa

1. Tempurung kelapa dijemur dengan tujuan mengurangi kadar air dalam tempurung kelapa
2. Melakukan proses pembakaran tempurung kalapa

3. Memisahkan abu tempurung kelapa dengan arang tempurung
4. Menyaring abu tempurung kelapa dengan No saringan 200

#### 4.5 PERENCANAAN CAMPURAN

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat kasar, halus dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing course*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan, apakah memenuhi persyaratan seperti yang telah ditetapkan.

Setelah pengujian awal selesai, dilakukan penyaringan setiap jenis agregat. Spesifikasi saringan yang dipakai dapat dilihat pada tabel 3.3 kemudian setelah penyaringan selesai dilakukan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat dengan gradasi yang telah ditentukan oleh spesifikasi.

Penelitian ini dibuat 45 benda uji. Tiap-tiap variasi dibuat 3 benda uji untuk perbandingan dan diberi penomoran A, B, C. Adapun perinciannya sebagai berikut :

1. Untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dibuat 5 variasi aspal yaitu 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% terhadap berat total campuran.  
Jumlah sampel =  $5 \times 3 = 15$  buah benda uji
2. Untuk mencari kadar zat *additive* optimum pada KAO, dibuat variasi abu tempurung kelapa 0,0% 1,0% ; 2,0% ; 3,0% ; 4,0% ; 5,0% terhadap berat aspal pada Kadar Aspal Optimum  
Jumlah sampel =  $6 \times 3 = 18$  buah benda uji.
3. Untuk mencari nilai *Immersion Test* pada KAO dengan dan tanpa abu tempurung kelapa, dibuat benda uji dengan kadar zat *additive* sebanyak 6 buah dan benda uji pada Kadar Aspal Optimum (KAO) 6 buah  
Jumlah sampel =  $6 \times 2 = 12$  buah benda uji.

#### 4.5.1 Campuran Aspal Tanpa *Additive* Abu Tempurung Kelapa

##### 1. Persiapan Campuran

Setiap benda uji diperlukan campuran sebanyak 1200 gram dengan pemakaian variasi kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%. Agregat kemudian dimasukkan kedalam wajan dan dipanaskan sehingga mencapai suhu 170 °C dan diaduk dengan spatula sehingga agregatnya tercampur secara merata. Aspal dipanaskan hingga mencapai suhu 155 °C dan aspal kemudian dituangkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan sesuai dengan suhu di atas dengan variasi pemakaian kadar aspal, kemudian diaduk hingga rata agregat terselimuti oleh aspal secara merata pada proses pemanasan sampai 170 °C. Adapun pemakaian kadar aspal terhadap berat agregat sebagai berikut :

- a. Kadar aspal 5,0% dengan berat 60 gram terhadap berat campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji 3 buah
- b. Kadar aspal 5,5% dengan berat 66 gram terhadap berat campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji 3 buah
- c. Kadar aspal 6,0% dengan berat 72 gram terhadap berat campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji 3 buah
- d. Kadar aspal 6,5% dengan berat 78 gram terhadap berat campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji 3 buah
- e. Kadar aspal 7,0% dengan berat 84 gram terhadap berat campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji 3 buah

##### 2. Pemasakan Benda Uji

- a. Cetakan benda uji (*Mold*) dibersihkan dan diolesi bagian dalamnya dengan paselin atau minyak pelumas yang kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu antara 90 °C sampai 149,5 °C.
- b. Batang penumbuk dibersihkan dan bagian bawah diolesi dengan paselin atau minyak pelumas dan bagian lengan penumbuk juga diolesi pelumas supaya penumbuk jatuh bebas.
- c. Selebar kertas yang sudah digunting sesuai dengan ukuran diletakkan di bagian bawah cetakan kemudian benda uji dimasukkan sepertiga volume cetakan dan ditusuk dengan spatula, dan diulang lagi sampai benda uji masuk



semua kedalam cetakan, kemudian ditutup dengan kertas supaya benda uji tidak menempel dibagian penumbuk.

- d. Cetakan mold diletakkan diatas dudukan atau landasan pemadatan, pemadatan dilakukan pada di 2 sisi bawah dan atas masing-masing 75 kali pukulan.
- e. Setelah pemadatan selesai benda uji didiamkan sehingga mencapai suhu ruang. Kemudian benda uji dilepaskan dari cetakan menggunakan *ejector hidrolis pump* lalu didiam pada suhu ruang.

#### 4.5.2 Campuran Aspal dengan Additive Abu Tempurung Kelapa

##### 1. Persiapan Campuran

Setelah didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,55% dari hasil pengujian campuran aspal biasa kemudian ditambahkan dengan abu tempurung kelapa sebanyak 0,0% ; 1,0% ; 2,0% ; 3,0% ; 4,0% ; 5,0%. Terhadap kadar aspal optimum. Cara pencampurannya pertama agregat dipanaskan pada suhu 170 °C dan diaduk dengan spatula sehingga suhu pada agregat merata. Aspal dipanaskan sampai mencapai suhu 155 °C dan aspal kemudian dituangkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan sesuai dengan suhu diatas dengan variasi pemakaian kadar aspal, kemudian diaduk hingga rata agregat terselimuti oleh aspal secara merata kemudian abu tempurung kelapa dimasukkan kedalam campuran sesuai dengan yang dibutuhkan dan aduk sampai merata sampai pada proses pemanasan 170 °C. adapun penambahan abu tempurung kelapa pada kadar aspal optimum adalah sebagai berikut :

- a. Kadar abu tempurung kelapa 0,0% dengan berat 0,0 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji
- b. Kadar abu tempurung kelapa 1,0% dengan berat 0,67 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji
- c. Kadar abu tempurung kelapa 2,0% dengan berat 1,33 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji

- d. Kadar abu tempurung kelapa 3,0% dengan berat 2,0 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji
- e. Kadar abu tempurung kelapa 4,0% dengan berat 2,66 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji
- f. Kadar abu tempurung kelapa 5,0% dengan berat 3,33 gram terhadap berat aspal optimum 5,55% pada campuran sebanyak 1200 gram dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 benda uji

## 2. Pemadatan Benda Uji

- a. Cetakan benda uji (*Mold*) dibersihkan dan diolesi bagian dalamnya dengan paselin atau minyak pelumas yang kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu antara 90 °C sampai 149,5 °C.
- b. Batang penumbuk dibersihkan dan bagian bawah diolesi dengan paselin atau minyak pelumas dan bagian lengan penumbuk juga diolesi pelumas supaya penumbuk jatuh bebas.
- c. Selembar kertas yang sudah digunting sesuai dengan ukuran diletakkan di bagian bawah cetakan kemudian benda uji dimasukkan sepertiga volume cetakan dan ditusuk dengan spatula, dan diulang lagi sampai benda uji masuk semua kedalam cetakan, kemudian ditutup dengan kertas supaya benda uji tidak menempel dibagian penumbuk.
- d. Cetakan mold diletakkan diatas dudukan atau landasan pemadatan, pemadatan dilakukan pada di 2 sisi bawah dan atas masing-masing 75 kali pukulan.
- e. Setelah pemadatan selesai benda uji didiamkan sehingga mencapai suhu ruang. Kemudian benda uji dilepaskan dari cetakan menggunakan *ejector hidrolis pump* lalu didiam pada suhu ruang.

## 4.6 CARA MELAKUKAN PENGUJIAN

### 4.6.1 Pengujian *Marshall Standart*

Langkah pengujian *Marshall* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel
- b. Melakukan pemberian tanda pengenal pada setiap benda uji
- c. Mengukur ketinggian benda uji dengan ketelitian 0,1 mm
- d. Menimbang benda uji untuk mengetahui berat kering
- e. Merendam benda uji didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air
- f. Menimbang benda uji di dalam air setelah direndam selama 20-24 jam
- g. Mengelap Benda uji kemudian menimbang pada kondisi kering permukaan (*saturated surface dry*)
- h. Merendam Benda uji di dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C selama 30 menit
- i. Membersihkan Kepala penekan benda uji untuk mempermudah melepas benda uji
- j. Memasang arloji kelelahan (*flow meter*)
- k. Menaikkan Kepala penekan (*test head*) benda uji sehingga menyentuh alas cincin penguji
- l. Mengatur kedudukan arloji kelelahan (*flow meter*) sampai pada angka nol
- m. Membaca arloji kelelahan pada saat pembebanan maksimum tercapai
- n. Mengeluarkan benda uji setelah pembebanan selesai
- o. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

### 4.6.2 Pengujian Perendaman *Marshall (Immersion Test)*

Langkah pengujian pada *Immersion Test* penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel
- b. Melakukan pemberian tanda pengenal pada setiap benda uji
- c. Mengukur ketinggian benda uji dengan ketelitian 0,1 mm
- d. Menimbang benda uji untuk mengetahui berat kering

- e. Merendam benda uji didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air
- f. Menimbang benda uji di dalam air setelah direndam selama 20-24 jam
- g. Mengelap Benda uji kemudian menimbang pada kondisi kering permukaan (*saturated surface dry*)
- h. Merendam Benda uji di dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C selama 24 jam
- i. Membersihkan Kepala penekan benda uji untuk mempermudah melepas benda uji
- j. Memasang arloji kelelahan (*flow meter*)
- k. Menaikkan Kepala penekan (*test head*) benda uji sehingga menyentuh alas cincin penguji
- l. Mengatur kedudukan arloji kelelahan (*flow meter*) sampai pada angka nol
- m. Membaca arloji kelelahan pada saat pembebanan maksimum tercapai
- n. Mengeluarkan benda uji setelah pembebanan selesai
- o. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

#### 4.7 CARA ANALISIS DATA

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data yang diperoleh. Data yang diperoleh dari hasil percobaan Laboratorium antara lain

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

Untuk mendapatkan nilai-nilai dari karakteristik uji *Marshall* diperlukan data lainnya yaitu :

- a. Berat jenis aspal

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

b. Berat jenis agregat

$$\text{BJ agregat} = \frac{(Ax F1) + (Bx F2) + (Cx F3)}{100} \quad (4.2)$$

Keterangan :

A = Pesentase agregat kasar

B = Pesentase agregat halus

C = Pesentase *filler*

F1 = Berat jenis agregat kasar

F2 = Berat Jenis agregat halus

F3 = Berat jenis *filler*

Kemudian nilai-nilai *Density*, VMA, VFWA, VITM, Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotients* dapat dihitung berdasarkan data tersebut.

c. Kepadatan (*Density*)

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

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

Keterangan :

g = Nilai *Density* (gr/cc)

c = Berat kering sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (kg)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = isi (cm<sup>3</sup>)

d. *Void In Mineral Agregat (VMA)*

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

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

Keterangan :

b = Prosentase aspal terhadap campuran

g = Berat isi *sample* (gr/cc)

e. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

1. Persentase aspal terhadap campuran

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

Keterangan :

a = Prosentasi aspal terhadap batuan

b = prosentasi aspal terhadap campuran

2. Persentase rongga terhadap agregat

$$I = 100 - j \quad (4.8)$$

$$j = \left( \frac{(100-b) \times g}{Bj.Agregat} \right) \quad (4.9)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.Asfal} \quad (4.10)$$

Keterangan :

$g$  = *Density*

$b$  = Persentase aspal terhadap campuran

Dari rumus-rumus diatas dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$VFWA = \left[ 100 \times \frac{i}{l} \right] \quad (4.11)$$

f. *Void In The Mix*(VITM)

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

$$h = \frac{100}{\left( \frac{\%Agregat}{Bj.Agregat} + \frac{\%Asfal}{Bj.Asfal} \right)} \quad (4.13)$$

Keterangan :

$g$  = Berat isi sampel (gr/cc)

$h$  = Berat jenis maksimum teoritis campuran

## g. Stabilitas

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

Keterangan :

S = Angka Stabilitas

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi tebal benda uji

h. *Flow*

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan nilai. Nilai *flow* langsung terbaca pada arloji *flow* saat *Marshall Test*, dalam satuan millimeter.

i. *Marshall Quotients (MQ)*

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

Keterangan :

q = Stabilitas (Kg)

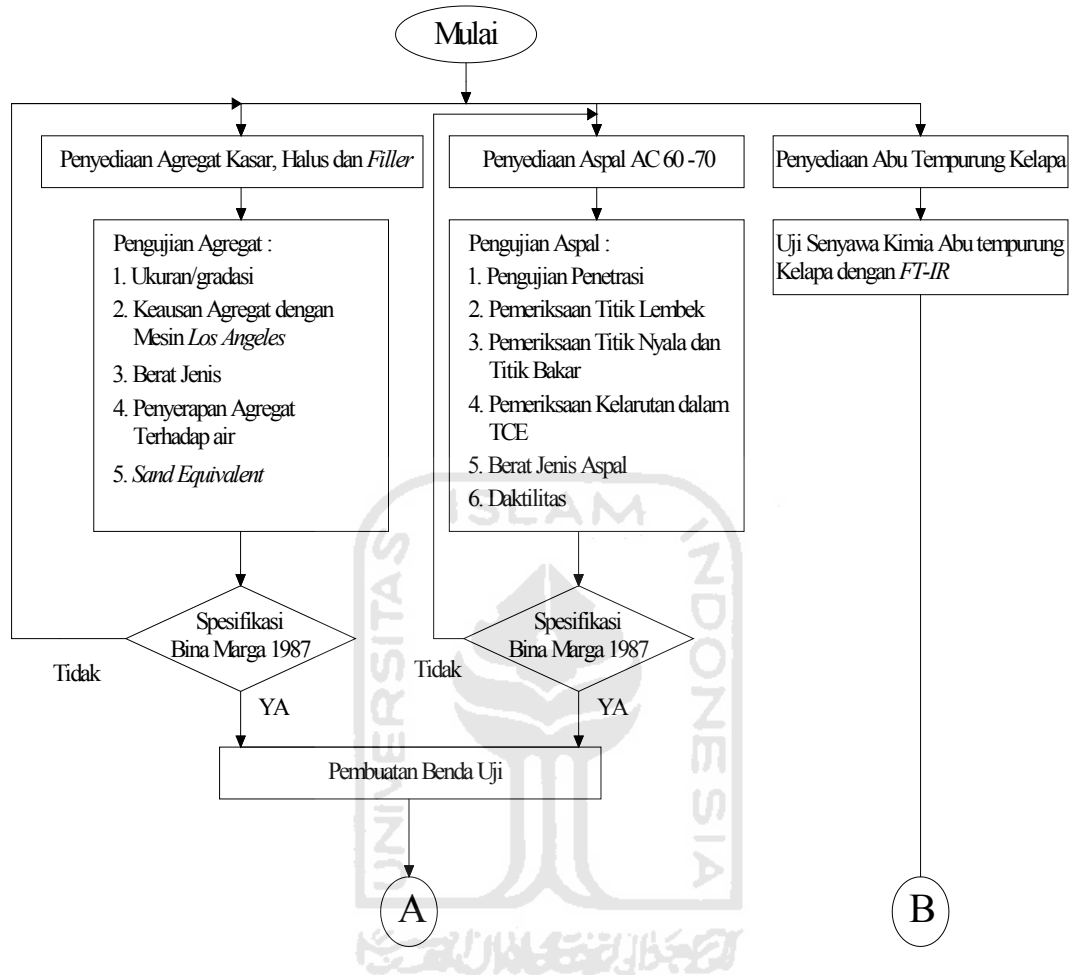
r = *flow* (mm)

S = *Marshall Quotient* (Kg/mm)

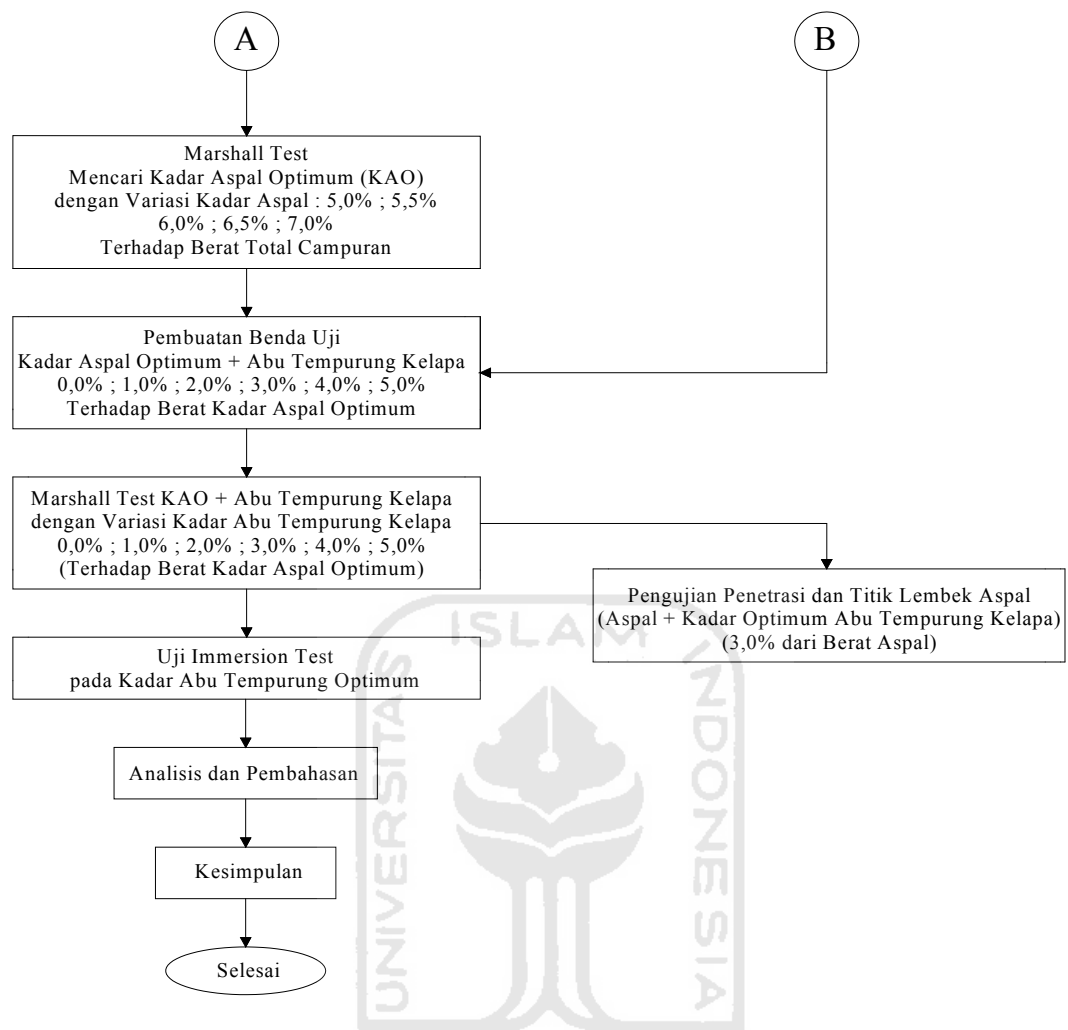




#### 4.8 BAGAN ALIR METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 4.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian (1 dari 2)



Gambar 4.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian (2 dari 2)

## BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1. HASIL PENELITIAN KARAKTERISTIK ASPAL

Aspal yang dipergunakan dalam penelitian ini aspal Pertamina Pen 60/70 yang tersedia di Laboratorium FTSP UII, Yogyakarta. Pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Jogjakarta, diperoleh data - data pemeriksaan yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 1987 seperti tercantum dalam tabel 5.1. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 12, 14, 15, 17, 19, 20.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan AC 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	PA.0301-76	60 - 79	61,6 mm	Memenuhi
2	Titik Lembek	PA.0302-76	48 °C - 58 °C	51 °C	Memenuhi
3	Titik Nyala	PA.0303-76	Min.200 °C	300 °C	Memenuhi
4	Kelarutan TCE	PA.0305-76	Min.99 %	99,5781%	Memenuhi
5	Daktilitas	PA.0306-76	Min.100 cm	165 cm	Memenuhi
6	Berat Jenis	PA.0307-76	Min. 1 gr/cc	1,049	Memenuhi

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

### 5.2 HASIL PENELITIAN KARAKTERISTIK AGREGAT

Dari serangkaian pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta diperoleh data pemeriksaan terhadap agregat kasar dan halus yang diisyaratkan oleh Bina Marga 1987 seperti tercantum dalam tabel 5.2 dan tabel 5.3 adapun hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7, 8, 9, 10, 11

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i>	25,82 %	$\leq 40$ %	Memenuhi
2	Kelekatan terhadap aspal	99,00 %	$> 95$ %	Memenuhi
3	Penyerapan agregat terhadap air	1,78 %	$\leq 3$ %	Memenuhi
4	Berat jenis	2,65	$\geq 2,5$	Memenuhi

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

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Penyerapan air	2,46	$\leq 3$ %	Memenuhi
2	Berat jenis	2,67	$\geq 2,5$	Memenuhi
3	Sand Equivalent	79,0123 %	$\geq 50$ %	Memenuhi

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

### 5.3 HASIL PENELITIAN GRADASI AGREGAT UNTUK CAMPURAN

Dalam penelitian ini digunakan Gradasi rapat dengan nomor campuran III, gradasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5.4 untuk kadar aspal 5,0%, tabel 5.5 untuk kadar aspal 5,5%, tabel 5.6 untuk kadar aspal 6,0%, tabel 5.7 untuk kadar aspal 6,5%, dan tabel 5.8 untuk kadar aspal 7,0% dibawah ini. hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2, 3, 4, 5, 6.

Tabel 5.4 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,0%.

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah
12,7	1/2 ''	0,0	0,0
9,52	3/8 ''	114,0	114,0
4,76	# 4	285,0	399,0
2,38	# 8	256,5	655,5
0,59	# 30	216,6	872,1
0,279	# 50	62,7	934,8
0,149	# 100	68,4	1003,2
0,074	# 200	57,0	1060,2
Pan		79,8	1140,0

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

Tabel 5.5 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah
12,7	1/2 ''	0,0	0,0
9,52	3/8 ''	113,4	113,4
4,76	# 4	283,5	396,9
2,38	# 8	255,2	652,1
0,59	# 30	215,5	867,5
0,279	# 50	62,4	929,9
0,149	# 100	68,0	997,9
0,074	# 200	56,7	1054,6
Pan		79,4	1134,0

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

Tabel 5.6 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,0%

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah
12,7	1/2 ''	0,0	0,0
9,52	3/8 ''	112,8	112,8
4,76	# 4	282,0	394,8
2,38	# 8	253,8	648,6
0,59	# 30	214,3	862,9
0,279	# 50	62,0	925,0
0,149	# 100	67,7	992,6
0,074	# 200	56,4	1049,0
Pan		79,0	1128,0

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

Tabel 5.7 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah
12,7	1/2 ''	0,0	0,0
9,52	3/8 ''	112,2	112,2
4,76	# 4	280,5	392,7
2,38	# 8	252,5	645,2
0,59	# 30	213,2	858,3
0,279	# 50	61,7	920,0
0,149	# 100	67,3	987,4
0,074	# 200	56,1	1043,5
Pan		78,5	1122,0

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

Tabel 5.8 Gradasi Agregat dengan Kadar Aspal 7,0%

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah
12,7	1/2 ''	0,0	0,0
9,52	3/8 ''	111,6	111,6
4,76	# 4	279,0	390,6
2,38	# 8	251,1	641,7
0,59	# 30	212,0	853,7
0,279	# 50	61,4	915,1
0,149	# 100	67,0	982,1
0,074	# 200	55,8	1037,9
Pan		78,1	1116,0

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

#### **5.4 HASIL PEMERIKSAAN CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)**

##### **5.4.1 Hasil Pemeriksaan *Marshall Test* Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Tanpa Penambahan Abu Tempurung Kelapa untuk Menentukan Nilai KAO**

Hasil pemeriksaan campuran tanpa bahan tambah yang diperoleh dari uji *Marshall* dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut ini. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 21.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian *Marshall Test* Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan Variasi Kadar Aspal

No	Kadar aspal (%)	Density Gr/cc	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
1	5,0 %	2,333	16,620	66,919	5,498	1837,236	1,950	942,172
		2,316	17,250	63,985	6,213	1633,494	2,700	604,998
		2,343	16,289	68,546	5,124	1942,611	1,900	1022,427
<b>Average</b>		<b>2,331</b>	<b>16,720</b>	<b>66,483</b>	<b>5,611</b>	<b>1804,447</b>	<b>2,183</b>	<b>856,532</b>
2	5,5 %	2,355	16,299	75,748	3,953	1849,414	2,930	631,199
		2,340	16,824	72,921	4,556	1887,727	2,800	674,188
		2,367	15,871	78,185	3,462	1876,870	2,100	893,748
<b>Average</b>		<b>2,354</b>	<b>16,331</b>	<b>75,618</b>	<b>3,990</b>	<b>1871,337</b>	<b>2,610</b>	<b>733,045</b>
3	6,0 %	2,357	16,645	81,007	3,161	2054,838	2,300	893,408
		2,372	16,122	84,162	2,553	1911,749	3,980	480,339
		2,372	16,095	84,328	2,523	1965,242	1,980	992,547
<b>Average</b>		<b>2,368</b>	<b>16,288</b>	<b>83,166</b>	<b>2,746</b>	<b>1977,277</b>	<b>2,753</b>	<b>788,764</b>
4	6,5 %	2,376	16,436	89,578	1,713	1933,769	3,850	502,278
		2,383	16,187	91,223	1,421	1953,843	3,800	514,169
		2,364	16,870	86,815	2,224	1952,536	3,700	527,713
<b>Average</b>		<b>2,374</b>	<b>16,498</b>	<b>89,205</b>	<b>1,786</b>	<b>1946,716</b>	<b>3,783</b>	<b>514,720</b>
5	7,0 %	2,388	16,455	96,848	0,519	1847,690	3,900	473,767
		2,376	16,891	93,858	1,037	1850,582	3,900	474,508
		2,373	16,988	93,213	1,153	1950,673	4,000	487,668
<b>Average</b>		<b>2,379</b>	<b>16,778</b>	<b>94,640</b>	<b>0,903</b>	<b>1882,982</b>	<b>3,900</b>	<b>478,648</b>

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

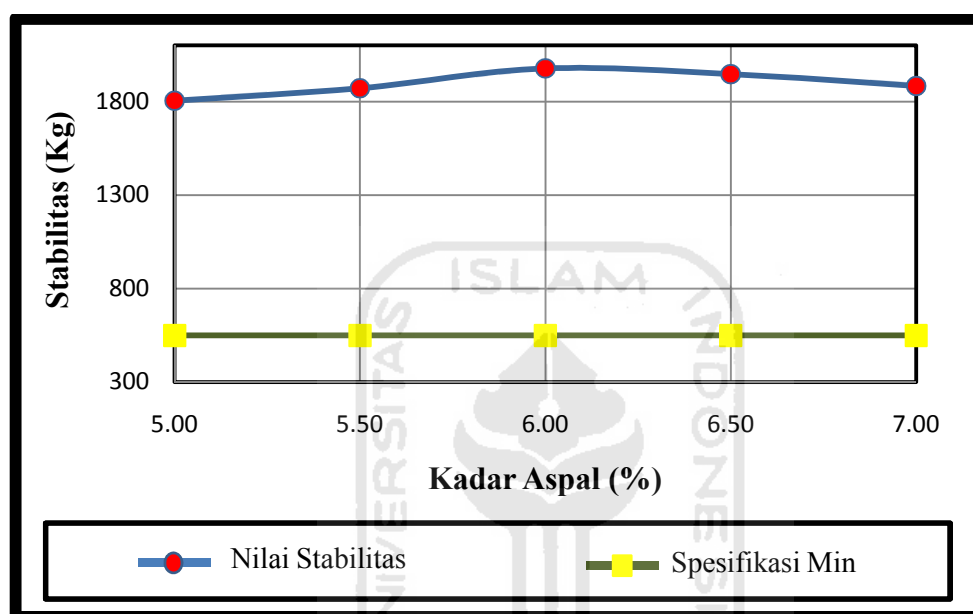
## 5.5 PENGARUH PENAMBAHAN KADAR ASPAL TERHADAP PARAMETER *MARSHALL*

### 5.5.1 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan lapis perkerasan menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur atau naiknya aspal ke permukaan



(*bleeding*). Stabilitas terjadi dari hasil tahanan gesek antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari bahan ikat. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku dan cepat mengalami retak, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga akan mudah mengalami *rutting*. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

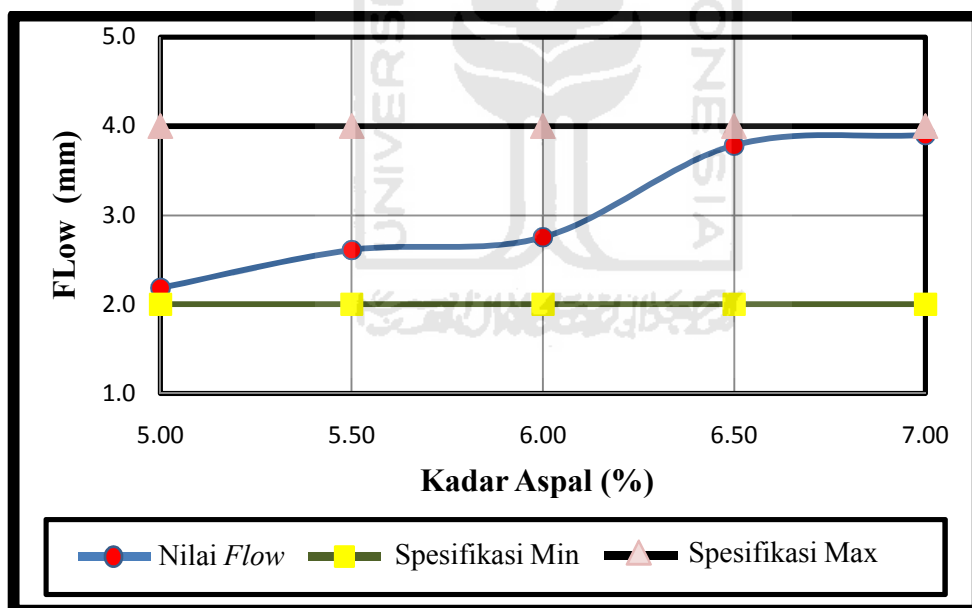
Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Dari hasil penelitian, nilai stabilitas meningkat seiring bertambahnya proporsi agregat hingga kadar aspal 6,0 %, kemudian mengalami penurunan dengan bertambahnya lagi kadar aspal. Hal ini disesuaikan dengan kecenderungan dari stabilitas, dimana stabilitas akan mengalami peningkatan hingga batas optimum dan turun kembali setelah batas optimum tersebut. Hal ini disebabkan karena kepadatan dari campuran mengalami peningkatan dan fungsi aspal pada kadar aspal 5,0 % sampai 6,0 % masih pada posisinya sebagai bahan ikat namun pada kadar aspal 6,5 % sampai 7,0 % fungsi dari aspal sebagai bahan ikat berubah menjadi pelicin setelah batas optimum tercapai.

Penelitian diatas didukung pernyataan bahwa nilai stabilitas mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal sampai pada nilai maksimum, setelah itu nilai stanilitas mengalami penurunan. Asphalt Institute (1985) dikutip oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

### 5.5.2 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Flow*

*Flow* menunjukkan besarnya penurunan yang terjadi pada suatu perkerasan akibat beban yan diterimanya selama melayani lalu lintas. Campuran dengan nilai kelelahan tinggi akan memiliki kecenderungan bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Sebaliknya dengan nilai *flow* rendah, campuran akan memiliki kecenderungan bersifat getas, mudah retak jika melebihi batas dukungannya dan durabilitas rendah. Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada gambar 5.2 dibawah ini.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

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

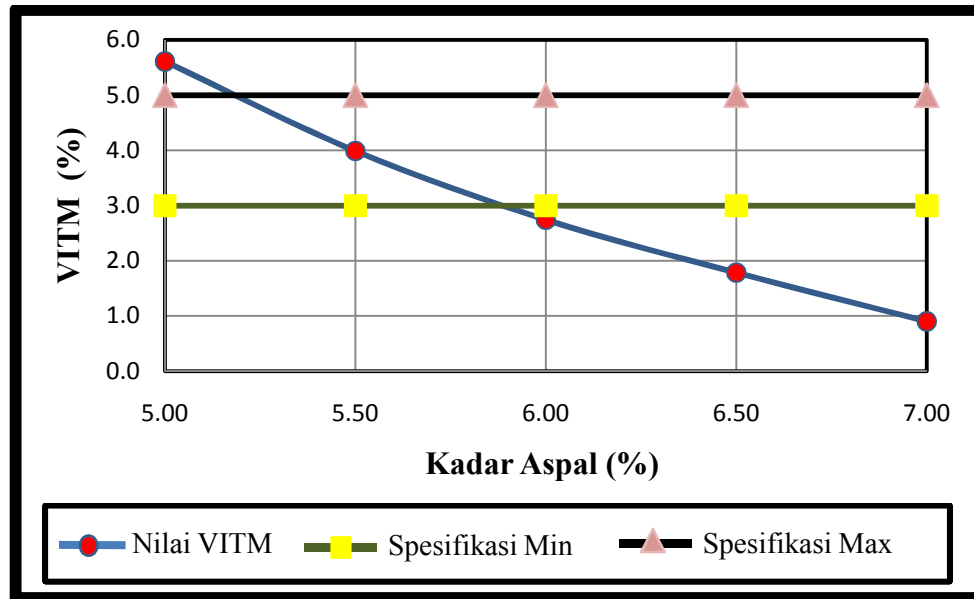
Dari hasil penelitian, *flow* mengalami peningkatan hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai *flow* yang akan mengalami peningkatan dengan bertambahnya prosentase kadar aspal. *Flow* dapat merupakan indikator terhadap

lentur dimana *flow* menunjukkan tingkat fleksibilitas dari perkerasan. Hal ini juga disebabkan karena nilai *flow* akan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang berarti bahwa dengan penambahan aspal membuat fleksibilitasnya meningkat yang akan mengakibatkan berkurangnya kemampuan perkerasan dalam menahan deformasi yang terjadi akibat beban yang bekerja di atasnya.

Penelitian di atas didukung oleh pernyataan, bahwa nilai *flow* meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal, sehingga mengurangi gesekan antar agregat yang disebabkan selimut aspal yang lebih tebal Atkins, Harold, N (1980) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005).

### **5.5.3 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Void In Total Mix* (VITM)**

Nilai VITM menunjukkan prosentase rongga dalam total campuran. VITM berpengaruh terhadap kedekatan campuran. Nilai VITM yang kecil cenderung meningkatkan kedekatan campuran terhadap udara dan air, akan tetapi meningkatkan potensi untuk terjadinya *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat perkerasan mencapai temperatur yang tinggi. Bahan ikat akan mencair dan naik ke permukaan apabila menerima beban lalu lintas yang besar. Sebaliknya dengan nilai VITM yang besar perkerasan akan kurang kedap terhadap air maupun udara, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi air. Hal ini mengakibatkan turunnya tingkat keawetan campuran sehingga dapat terjadi kerusakan pada perkerasan. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM

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

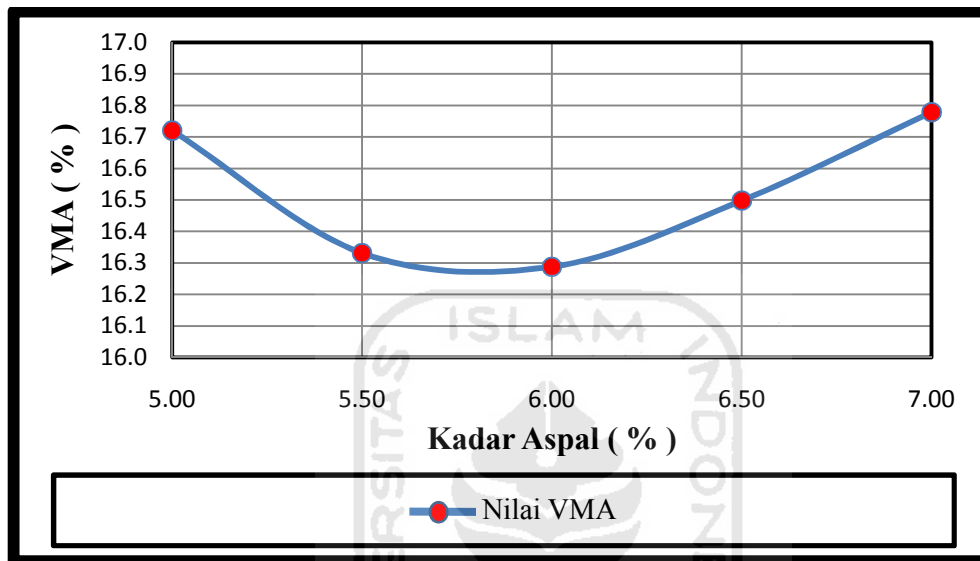
Dari hasil penelitian, nilai VITM mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan semakin banyak aspal yang ditambahkan kedalam campuran akan membuat campuran lebih kedap udara sehingga nilai rongga udara dalam campuran akan mengalami penurunan dan ini ditandai dengan meningkatnya nilai udara yang terisi aspal dan kepadatan.

Dari hasil penelitian di atas didukung dengan pernyataan, bahwa rongga dalam campuran akan mengalami penurunan apabila kadar aspal mengalami peningkatan, dan sebaliknya bila kadar aspal menurun nilai dari rongga udara akan mengalami kenaikan. Nilai kepadatan dan rongga udara secara langsung berhubungan dikarenakan, apabila nilai kepadatan tinggi maka persentase rongga udara akan turun. The Indiana Departement of Transportation (2001) dikutip oleh oleh Ferdiyana dan Fahtomi (2005).

#### 5.5.4 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Void In Mineral Agregate* (VMA)

Nilai pori dalam agregat campuran (VMA) menunjukkan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam prosentase. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, cara pemadatan yang

digunakan dan sifat bahan ikat, kadar aspal yang tinggi memberikan kecenderungan peningkatan nilai VMA ini disebabkan oleh rongga antar agregat yang semakin besar yang disebabkan makin tebalnya *film* aspal yang menyelubungi. Grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai VMA dapat dilihat pada gambar 5.4 di bawah ini.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

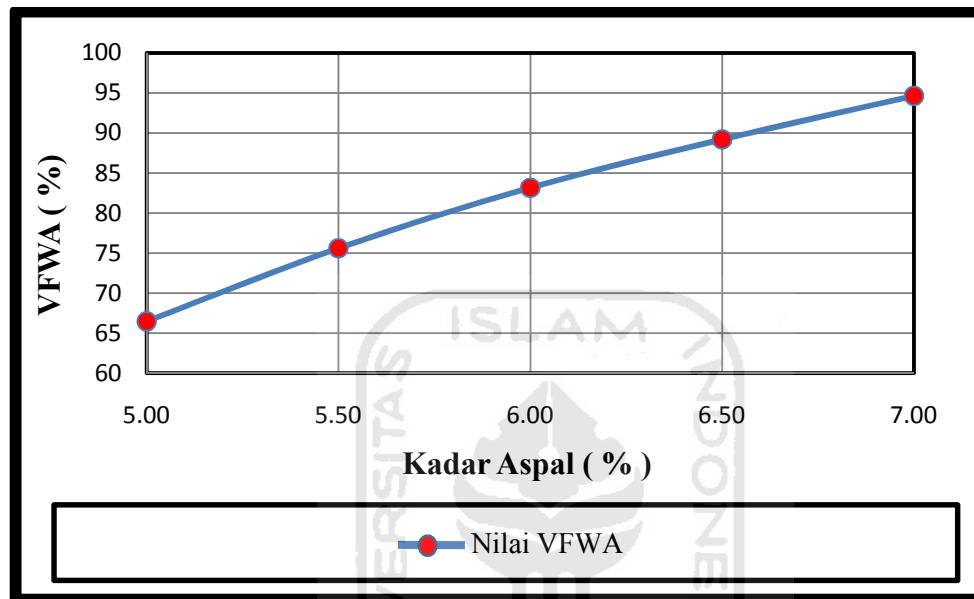
Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Dari hasil pemeriksaan, nilai VMA menunjukkan penurunan dari kadar aspal 5,0 % sampai kadar aspal 6,0 % kemudian meningkat dari kadar aspal 6,0 % sampai dengan kadar aspal 7,0 %. Hasil penelitian diatas didukung pernyataan bahwa nilai rongga dalam mineral agregat pada umumnya mengalami penurunan hingga minimum kemudian meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Asphalt Institute (1985) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005).

#### 5.5.5 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

Nilai VFWA menunjukkan prosentase rongga didalam campuran yang terisi oleh aspal atau bahan ikat. Dengan nilai VFWA yang tinggi maka kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin baik. Namun nilai VFWA

yang terlalu tinggi mengakibatkan potensi terjadinya *bleeding* lebih besar. Sebaliknya bila nilai VFWA terlalu kecil menunjukkan rongga yang ada pada campuran cukup besar, sehingga kedekatan terhadap udara dan air semakin rendah dan keawetan campuran menjadi kurang. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada gambar 5.5 dibawah ini.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA

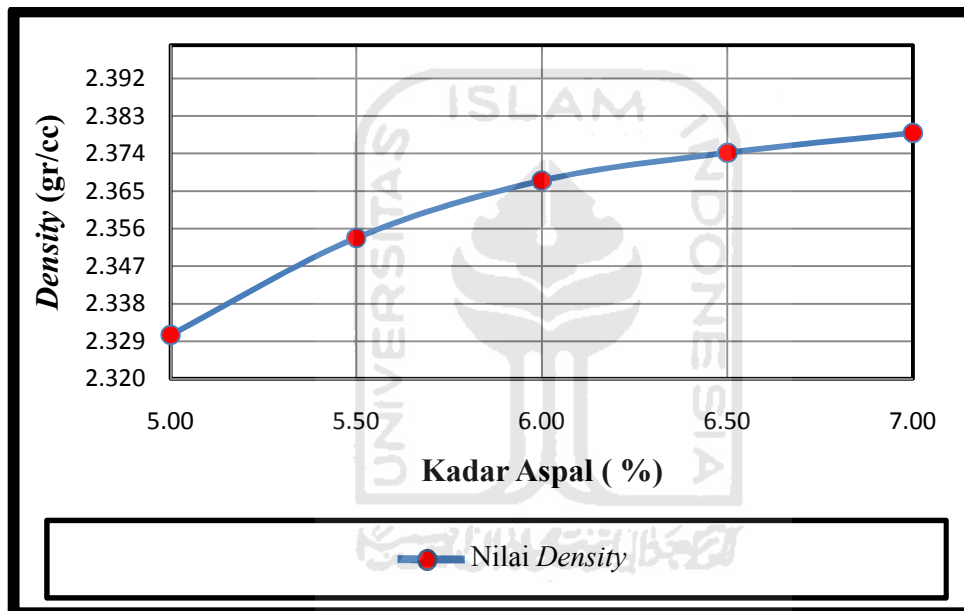
Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Dari hasil pemeriksaan, nilai VFWA mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Hal ini disebabkan karena seiring meningkatnya kadar aspal akan membuat banyak rongga yang terisi aspal dan mengakibatkan nilai rongga total dalam campuran akan mengalami penurunan dan nilai kepadatan mengalami peningkatan.

Hasil penelitian diatas didukung pernyataan, bahwa persentase dari rongga udara yang terisi aspal juga meningkat seiring bertambahnya kadar aspal dikarenakan persentase rongga antar butiran agregat adalah yang terisi aspal tersebut. Asphalt Institute (1995) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005).

### 5.5.6 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Density*

*Density* merupakan nilai yang menunjukkan besaran dari kepadatan pada suatu campuran yang diukur tiap satuan volume. *Density* dipengaruhi beberapa faktor antara lain kualitas bahan, kadar aspal, komposisi bahan penyusunnya, temperatur, jumlah tumbukan serta sifat bahan ikat. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi memiliki kecenderungan menahan beban lalu lintas yang tinggi, akan tetapi tidak selalu dengan nilai *density* yang tinggi meningkatkan nilai stabilitas. Karena peningkatan stabilitas dapat disebabkan oleh faktor lain. Gambar 5.6 . berikut adalah gambar grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *density*.



Gambar 5.6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Density*

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

Dari hasil pemeriksaan, nilai *density* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini sesuai dengan kecenderungan nilai *density* meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Pada grafik diatas untuk kadar aspal 5,0 % sampai 7,0 % tidak sampai terjadi penurunan nilai *density*, hal ini dikarenakan fungsi dari aspal masih sebagai bahan ikat dan jika mengalami penurunan, ini dikarenakan fungsi aspal sebagai bahan ikat berubah fungsi

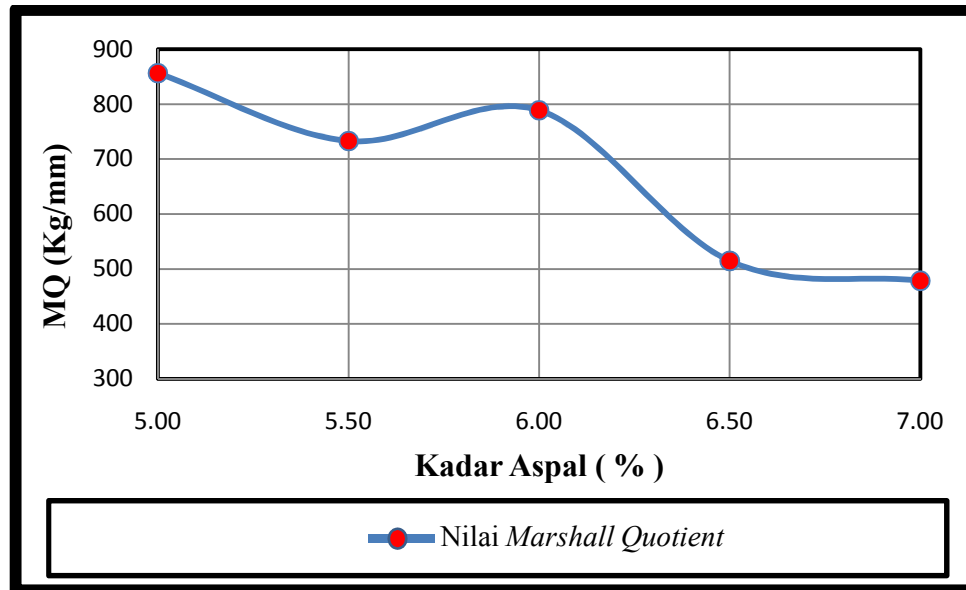
sebagai pelicin. Meningkatnya nilai *density* juga mempengaruhi nilai rongga total dalam campuran yang akan menurun nilainya.

Hasil penelitian di atas didukung pernyataan, bahwa kepadatan meningkat mengikuti kadar aspal yang berfungsi bahan ikat hingga kepadatan maksimum tercapai. Setelah kepadatan akan mengalami penurunan yang berarti bahwa aspal berubah fungsi pengikat menjadi pelicin. Atkins, Harold, N (1980) dikutip oleh Ferdiana dan Fahtomi (2005).

### **5.5.7 Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Terhadap Nilai *Marshall Qoutient***

*Marshall Qoutient* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan kelelahan plastis. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan tingkat kekakuan dan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan turun setelah sampai pada batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Nilai MQ besar menunjukkan kekakuan lapis perkerasan yang tinggi dan berakibat mudah retak-retak, sebaliknya bila nilai MQ kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibatkan perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas. Grafik hubungan kadar aspal dengan *Marshall Qoutient* dapat dilihat pada gambar 5.7 di bawah ini.





Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Qoutient*

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

Nilai *Marshall Qoutient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai *flow*. Karena dengan nilai stabilitas tinggi dan nilai *flow* rendah akan didapat nilai *Marshall Quotient* tinggi yang berarti perkerasan kurang fleksibel atau kaku, sebaliknya apabila nilai stabilitas rendah dan nilai *flow* tinggi didapat *Marshall Qoutient* yang rendah berarti perkerasan kurang kaku atau fleksibel dan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalu lintas.

Kemudian setelah didapat data dari gambar 5.1 sampai dengan gambar 5.7 dicari Kadar Aspal Optimum (KAO) yang mengacu pada persyaratan Bina Marga 1987 yang tertera pada tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.10 Spesifikasi *Marshall* Properties untuk lalu lintas tinggi

No	Spesifikasi Campuran	Persyaratan
1	Stabilitas (kg)	$\geq 550$
2	Flow (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 5
4	VFWA (%)	-
5	Density (gr/cc)	-

Sumber : Bina Marga 1987

Kadar Aspal Optimum didapat dengan mengambil nilai tengah dari nilai kadar aspal yang memenuhi spesifikasi seperti pada tabel 5.6 dibawah ini.

Tabel 5.11 Kadar Aspal Optimum

Karakteristik	Kadar Aspal Dalam Campuran				
	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Stabilitas Marshall					
Kelelehan (mm)					
VITM (%), VFWA					
Density					
Kadar Aspal Optimum	5,19	5,55	5,91		

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

Dari tabel 5.11 diatas dapat dilihat bahwa pada persyaratan spesifikasi Marshall Bina Marga semua parameter pengujian Marshall untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dalam penelitian ini memenuhi persyaratan yang ditentukan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengambilan kadar aspal optimum (KAO) dari kadar aspal 5,19 % sampai 5,91 % didapat kadar aspal optimum 5,55 % dan untuk selanjutnya pada penelitian ini menggunakan spesifikasi Bina Marga 1987.

## 5.6 HASIL PEMERIKSAAN *MARSHALL TEST* CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)* DENGAN VARIASI PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA PADA KAO

Hasil pemeriksaan campuran aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa pada kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi abu tempurung kelapa dapat dilihat pada tabel 5.12 hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 22.

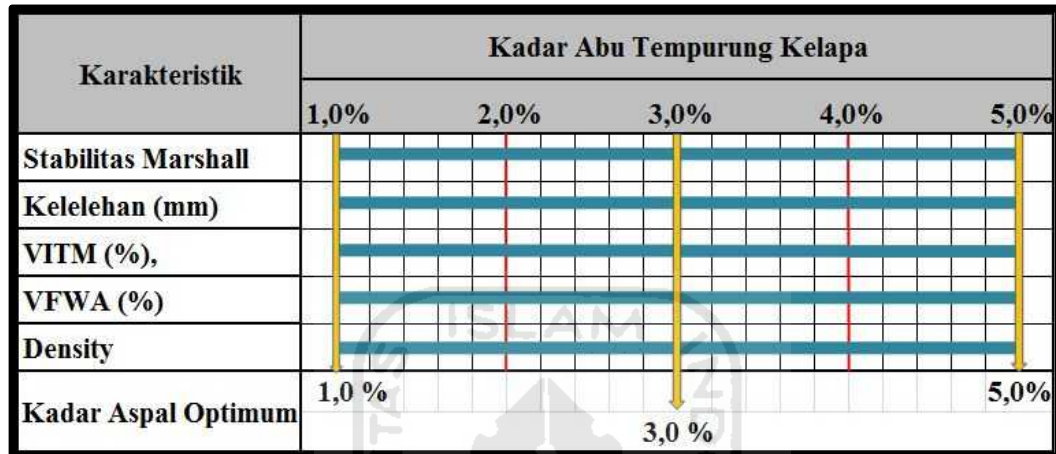
Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan *Marshall Test* Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan Variasi Penambahan Abu Tempurung Kelapa pada KAO

NO	Abu Tempurung	Density Gr/cc	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
1	0,0 %	2,329	17,243	71,476	4,918	1795,717	2,600	690,660
		2,331	17,172	71,828	4,838	1627,326	2,400	678,052
		2,334	17,079	72,303	4,730	1808,655	2,200	822,116
Average		<b>2,332</b>	<b>17,165</b>	<b>71,869</b>	<b>4,829</b>	<b>1743,899</b>	<b>2,400</b>	<b>730,276</b>
2	1,0 %	2,349	16,560	75,037	4,134	1813,511	2,900	625,349
		3,348	16,584	74,903	4,162	1818,664	2,600	699,486
		2,339	16,891	73,274	4,514	1978,060	2,200	899,118
Average		<b>2,345</b>	<b>16,678</b>	<b>74,404</b>	<b>4,270</b>	<b>1870,078</b>	<b>2,567</b>	<b>741,318</b>
3	2,0 %	2,350	16,510	75,306	4,077	2171,153	3,300	657,925
		2,345	16,679	74,391	4,271	1855,698	3,500	530,199
		2,344	16,726	74,145	4,324	1874,678	3,400	551,376
Average		<b>2,346</b>	<b>16,638</b>	<b>74,614</b>	<b>4,224</b>	<b>1967,176</b>	<b>3,400</b>	<b>579,833</b>
4	3,0 %	2,334	17,079	72,303	4,730	2036,863	3,800	536,017
		2,334	16,726	74,145	4,324	2361,420	3,400	694,535
		2,367	15,916	78,676	3,394	2199,767	3,400	646,990
Average		<b>2,348</b>	<b>16,573</b>	<b>75,041</b>	<b>4,150</b>	<b>2199,350</b>	<b>3,533</b>	<b>625,847</b>
5	4,0 %	2,355	16,322	76,345	3,861	2004,455	4,800	417,593
		2,346	16,655	74,522	4,243	2158,827	3,200	674,633
		2,349	16,560	75,037	4,134	2240,717	3,600	622,421
Average		<b>2,350</b>	<b>16,512</b>	<b>75,301</b>	<b>4,079</b>	<b>2134,717</b>	<b>3,867</b>	<b>571,549</b>
6	5,0 %	2,346	16,658	74,508	4,246	1954,306	4,500	434,290
		2,347	16,633	74,639	4,218	2058,550	3,900	527,833
		2,365	15,961	78,411	3,446	2006,057	3,500	573,159
Average		<b>2,353</b>	<b>16,417</b>	<b>75,852</b>	<b>3,970</b>	<b>2000,305</b>	<b>3,967</b>	<b>511,761</b>

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

Dari tabel 5.12 di atas didapat kadar abu tempurung kelapa optimum pada kadar Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan spesifikasi Bina Marga 1987. Kadar abu tempurung kelapa optimum didapat dengan cara grafis seperti tabel 5.13 di bawah ini.

Tabel 5.13 Kadar Abu Tempurung Optimum



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

### 5.7 HASIL PEMERIKSAAN *IMMERSION TEST* CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* DENGAN PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA PADA KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO) DAN KADAR ABU TEMPURUNG KELAPA OPTIMUM

Hasil pemeriksaan *Marshall* dengan rendaman 24 jam pada kadar aspal optimum dan pada kadar abu tempurung optimum dengan menggunakan aspal AC 60-70 dapat dilihat pada tabel 5.14 dibawah ini. Hasil pemeriksaan dapat dilihat di lampiran 23.

Tabel 5.14 Hasil pemeriksaan *Immersion Test* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

NO	Abu Tempurung (%)	Density Gr/cc	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
1	0,0 %	2,346	16,655	74,522	4,243	1772,622	3,300	537,158
		2,328	17,290	71,241	4,972	1615,367	3,150	512,815
		2,345	16,704	74,262	4,299	1588,453	3,500	453,844
<b>Average</b>		<b>2,340</b>	<b>16,883</b>	<b>73,341</b>	<b>4,505</b>	<b>1658,814</b>	<b>3,317</b>	<b>502,1272</b>
2	3,0 %	2,350	16,514	75,287	4,081	1903,056	3,000	634,352
		2,335	17,055	72,423	4,703	2014,524	3,200	629,539
		2,338	16,939	73,026	4,569	1947,377	3,800	512,457
<b>Average</b>		<b>2,341</b>	<b>16,836</b>	<b>73,579</b>	<b>4,451</b>	<b>1954,972</b>	<b>3,333</b>	<b>592,116</b>

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

## 5.8 PEMBAHASAN

### 5.8.1 Karakteristik Bahan

#### 1. Aspal

##### a. Penetrasi

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan 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 pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasi aspal sebesar 61,6 mm. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan antara 60 mm sampai 79 mm.

##### b. Titik Lembek

Pemeriksaan titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila berada pada temperatur tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa titik lembek aspal sebesar 51 °C. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan 48 °C sampai 58 °C.

c. Titik nyala

Aspal merupakan bahan yang bersifat *termoplastik*, yaitu kekentalan yang dipengaruhi temperatur. Semakin tinggi temperatur semakin lunak atau cair. Pemeriksaan titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan, hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada temperatur 300 °C. Nilai ini jauh lebih besar dari spesifikasi Bina Marga 1987  $\geq 200$  °C

d. Kalarutan dalam TCE

Pemeriksaan 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 semakin tinggi, artinya semakin kecil kandungan bahan lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dan batuan. Hasil pemeriksaan menunjukkan kelarutan TCE sebesar 99,5781 %. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $\geq 99$  %.

e. Daktilitas

Pemeriksaan daktilitas bertujuan untuk mengetahui ketahanan 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 pemeriksaan daktilitas menunjukkan nilai sebesar 165 cm. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $\geq 100$  cm.

f. Berat jenis

Berat jenis aspal perlu diperhatikan dalam merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pemeriksaan berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,049. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yaitu  $> 1,00$

## 2. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, untuk jenis agregat kasar dan halus menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun *Asphalt*

*Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. Hasil pemeriksaan tersebut selengkap dapat dilihat pada lampiran 6-10

a. Keausan

Pemeriksaan dengan mesin *Los Angeles* terhadap tingkat keausan agregat dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang digunakan dalam campuran merupakan komponen yang berfungsi mendukung beban lalu lintas yang bekerja diatas perkerasan sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan. Hasil pemeriksaan keausan sebesar 25,82 %. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $\leq 40$  %.

b. Kelekatan terhadap aspal

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dilekati oleh 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 semakin meningka. Hasil pemeriksaan di Laboratorium menunjukkan bahwa nilai kelekatan sebesar 99 %. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $> 95$  %

c. Penyerapan terhadap air

Pemeriksaan agregat terhadap penyerapan air ditujukan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat, semakin besar nilai penyerapannya mengidentifikasi agregat semakin bersifat poros. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penyerapan terhadap air oleh agregat sebesar 1,78 % untuk agregat kasar dan sebesar 2,46 % untuk agregat halus. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $\leq 3$ %.

d. Berat jenis

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 kecil menunjukkan tingkat kekuatan yang rendah dan porositas tinggi. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar menunjukkan nilai 2,65 dan 2,67 untuk agregat halus menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki volume yang kecil, sehingga hanya memerlukan kadar

aspal yang sedikit. Nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987 yang disyaratkan  $\geq 2,5$

e. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pemeriksaan diperoleh nilai *sand equivalent* agregat halus sebesar 79,0123 %. Hal ini lebih besar dari yang disyaratkan oleh spesifikasi Bina Marga 1987 sebesar  $\geq 50$  %, yang berarti mengidentifikasi agregat halus dalam keadaan cukup bersih dan terbebas dari kandungan lumpur, debu maupun kotoran lain yang dapat mengganggu kelekatan aspal terhadap agregat.

### 5.8.2 Pengaruh Abu Tempurung Terhadap Sifat Fisik Aspal ( Penetrasi dan Titik Lembek Aspal )

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Terhadap Penetrasi Dengan Penambahan Abu tempurung Kelapa

Kadar Abu Tempurung Kelapa	Sampel	Nilai Penetrasi Pada Titik					Rata-rata (mm)
		1	2	3	4	5	
0,0 %	1	60	61	60	64	64	61.8
	2	61	63	61	60	62	61.4
Nilai Tengah							<b>61.6</b>
3,0 %	1	55	55	52	50	54	53.2
	2	53	53	54	50	53	52.6
Nilai Tengah							<b>52.9</b>

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

Dari tabel 5.15 menggambarkan kekerasan aspal meningkat dengan ditambahkan abu tempurung kelapa. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penetrasi aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa lebih rendah dibandingkan aspal tanpa penambahan abu tempurung kelapa. Nilai penetrasi yang lebih rendah ini mengindikasikan bahwa viskositas atau kekentalannya lebih tinggi. Hasil penelitian selengkapnya dapat dilihat di lampiran 13.



Tabel 5.16 Hasil Pengujian Terhadap Titik Lembek dengan Penambahan Abu tempurung Kelapa

Kadar Abu Tempurung Kelapa	Sampel	Titik Lembek
0,0 %	1	49 °C
	2	51 °C
Rata-rata	51 °C	
3,0 %	1	52 °C
	2	54 °C
Rata-rata	53 °C	

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

Dari tabel 5.16 menggambarkan kenaikan titik leleh dengan ditambahkan abu tempurung kelapa, hal ini menyebabkan kekuatan aspal dalam mengikat lebih baik. Hasil penelitian selengkapnya dapat dilihat dilampiran 16.

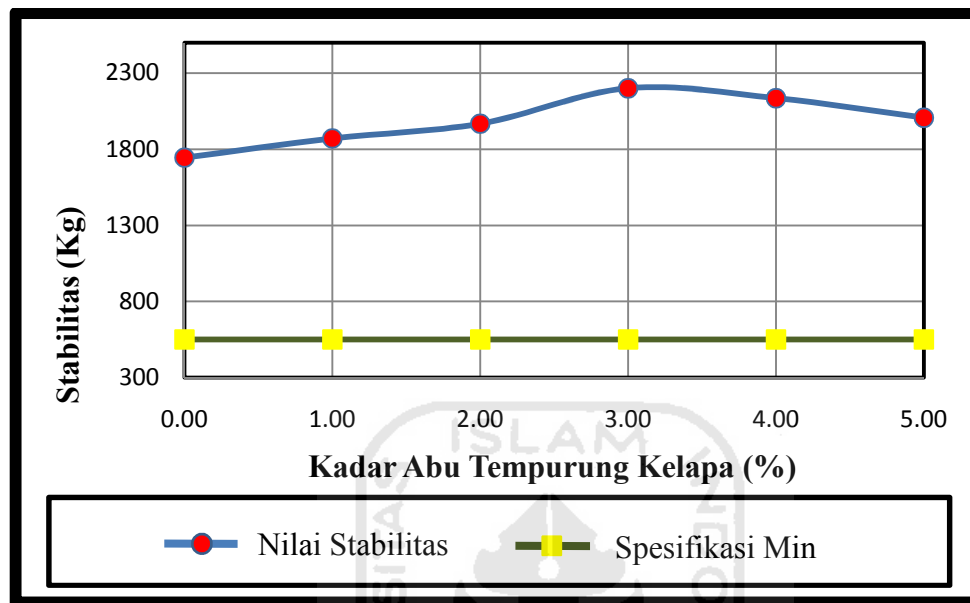
## 5.9 PENGARUH PENAMBAHAN KADAR ABU TEMPURUNG KELAPA TERHADAP PARAMETER *MARSHALL*

### 5.9.1 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Stabilitas

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

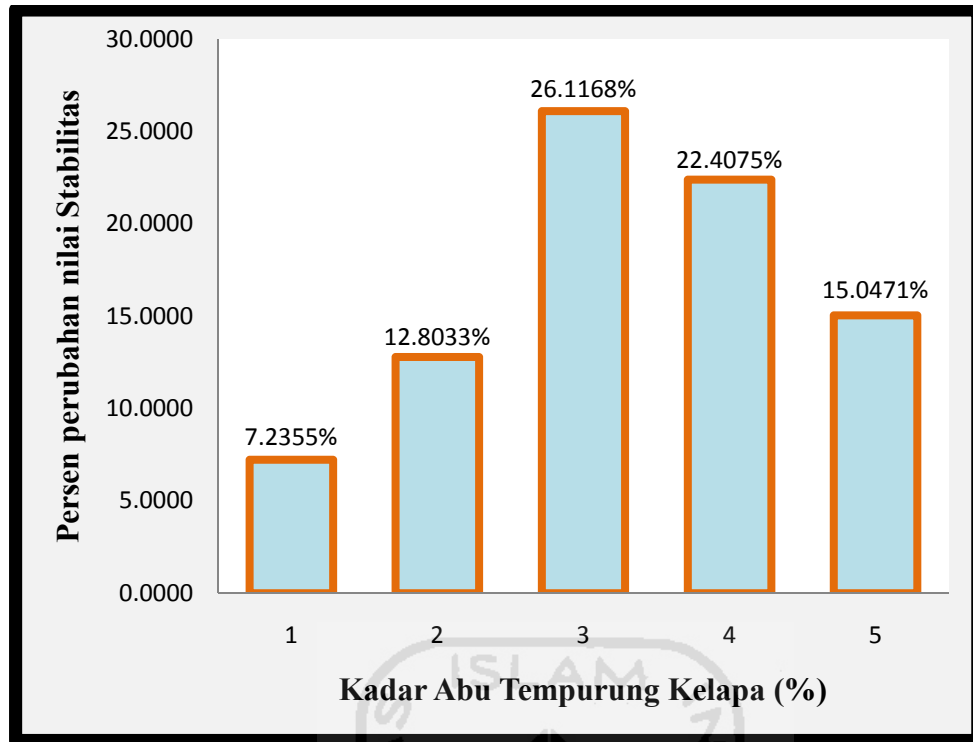
Dari gambar 5.8 tampak bahwa dengan penambahan abu tempurung kelapa dapat meningkatkan nilai stabilitas. Penambahan abu tempurung kelapa sebesar 3,0 % menghasilkan nilai stabilitas sebesar 2.199,350 kg, sedangkan pada campuran tanpa penambahan abu tempurung kelapa 0,0 % menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1743,899 kg. Jika dibandingkan campuran tanpa bahan tambah 0,0 % dengan campuran dengan penambahan abu tempurung kelapa 3,0 % nilai

stabilitas naik sebesar 26,1168 %. Besarnya persentase perubahan dan nilai kenaikan stabilitas terhadap campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat dilihat pada gambar 5.8 dan 5.9 dibawah ini :



Gambar 5.8 Hubungan antara nilai Stabilitas dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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



Gambar 5.9 Grafik persentase Kenaikan nilai Stabilitas dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

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

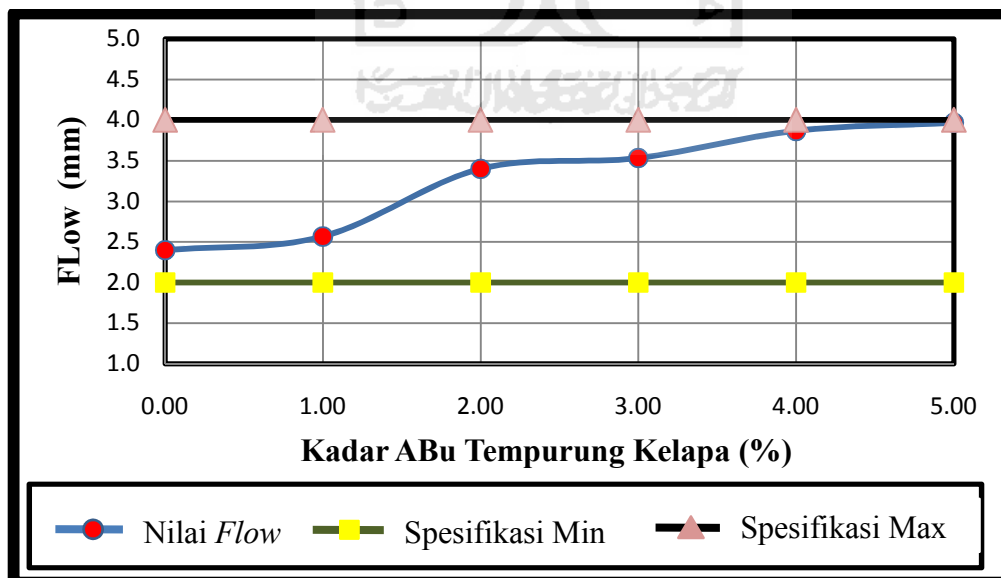
Sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 1987, persyaratan nilai stabilitas  $\geq 550$  kg. dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan abu tempurung kelapa memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan.

Nilai stabilitas mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya proporsi abu tempurung kelapa. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan penambahan abu tempurung kelapa untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban yang bekerja di atasnya mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar abu tempurung kelapa dari 1,0 % sampai dari 3,0 %. Peningkatan nilai stabilitas disebabkan kepadatan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* yang ditandai dengan nilai *density* mengalami peningkatan sehingga memberikan kemampuan yang lebih baik untuk menahan deformasi akibat beban bekerja di atasnya yang berarti aspal dapat menyelubung agregat dan berfungsi sebagai

bahan ikat. Pada penambahan proporsi abu tempurung kelapa sebesar 4,0 % dan 5,0 % akan mengakibatkan penurunan stabilitas yang berarti dengan kadar abu tempurung kelapa 4,0 % dan 5,0 % kemampuan menahan deformasi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan pada kadar 4,0% dan 5,0% kandungan air pada abu tempurung kelapa terlalu banyak sehingga mempengaruhi ikatan antara aspal dengan agregat.

### 5.9.2 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai *flow*

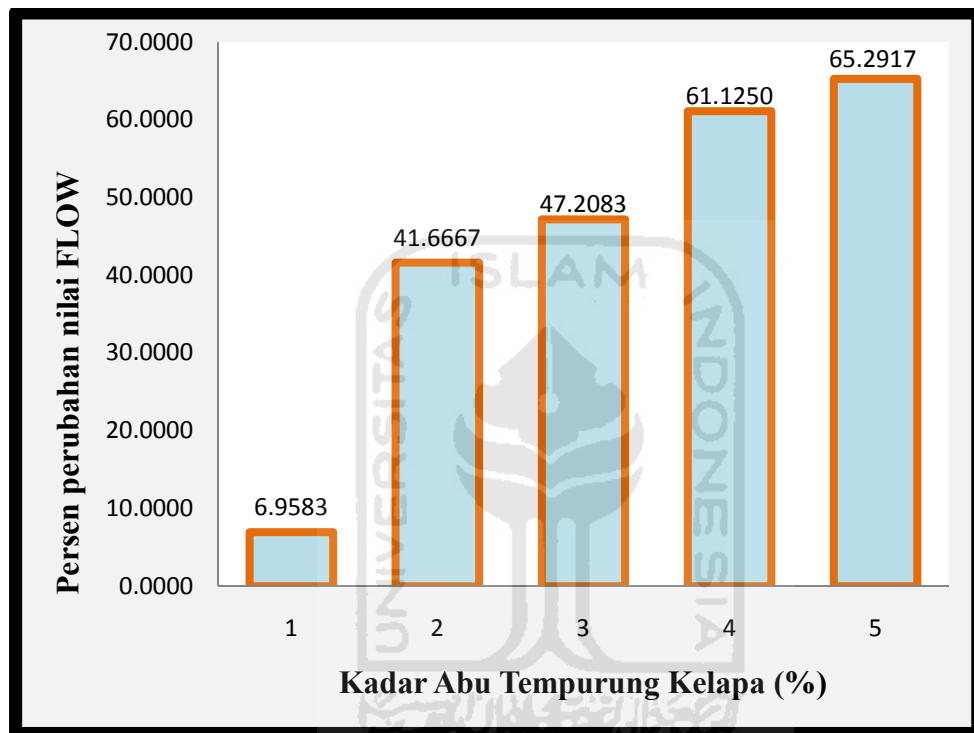
Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapisan perkerasan akibat beban lalu lintas. Campuran yang memiliki nilai *flow* yang rendah dengan stabilitas tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut memiliki nilai kekakuan yang cukup tinggi, sebaliknya jika nilai *flow* yang terlalu tinggi dengan nilai stabilitas rendah akan mengakibatkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Besarnya persentase perubahan dan nilai kenaikan *flow* terhadap campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat dilihat pada gambar 5.10 dan gambar 5.11 dibawah ini.



Gambar 5.10 Hubungan antara nilai *Flow* dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete* (AC)

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

Dari gambar 5.10 diatas menunjukkan bahwa dengan penambahan abu tempurung kelapa 0,00 % sampai 5,0 % dari berat aspal yang masuk dalam spesifikasi Bina Marga 1987, yang dalam spesifikasinya nilai *flow* minimum 2 mm. besar persentase kenaikan nilai *flow* aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa terhadap campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat dilihat pada gambar 5.11 berikut ini :



Gambar 5.11 Grafik persentase Kenaikan nilai *Flow* dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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

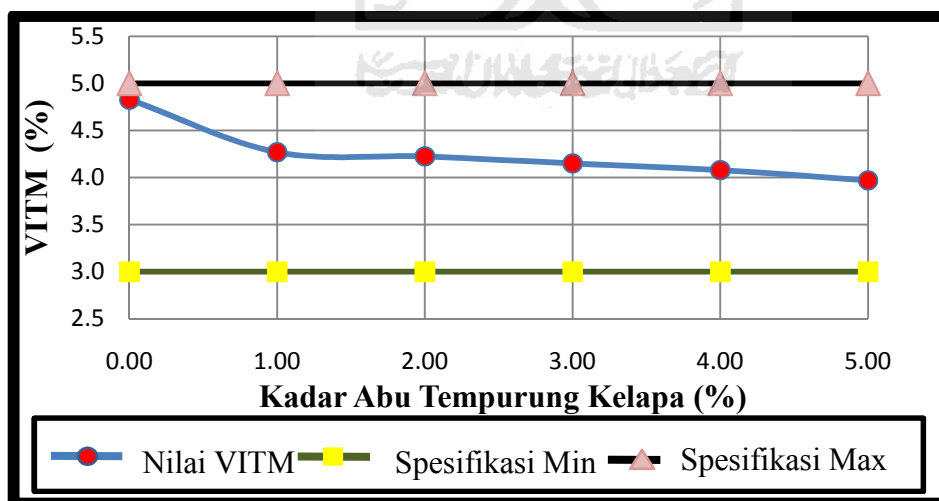
Dari gambar 5.10 dan gambar 5.11 dapat dilihat bahwa dengan penambahan abu tempurung kelapa 1,0 % sampai 5,0 % mengakibatkan nilai *flow* campuran naik. Meningkatnya nilai *flow* dengan penambahan abu tempurung kelapa 1,0 % sampai 5,0 % mengidentifikasi secara umum nilai *flow* nya lebih tinggi dan itu berarti aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa lebih memiliki nilai

fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan aspal tanpa penambahan abu tempurung kelapa.

### 5.9.3 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai *Void In Total Mix* (VITM)

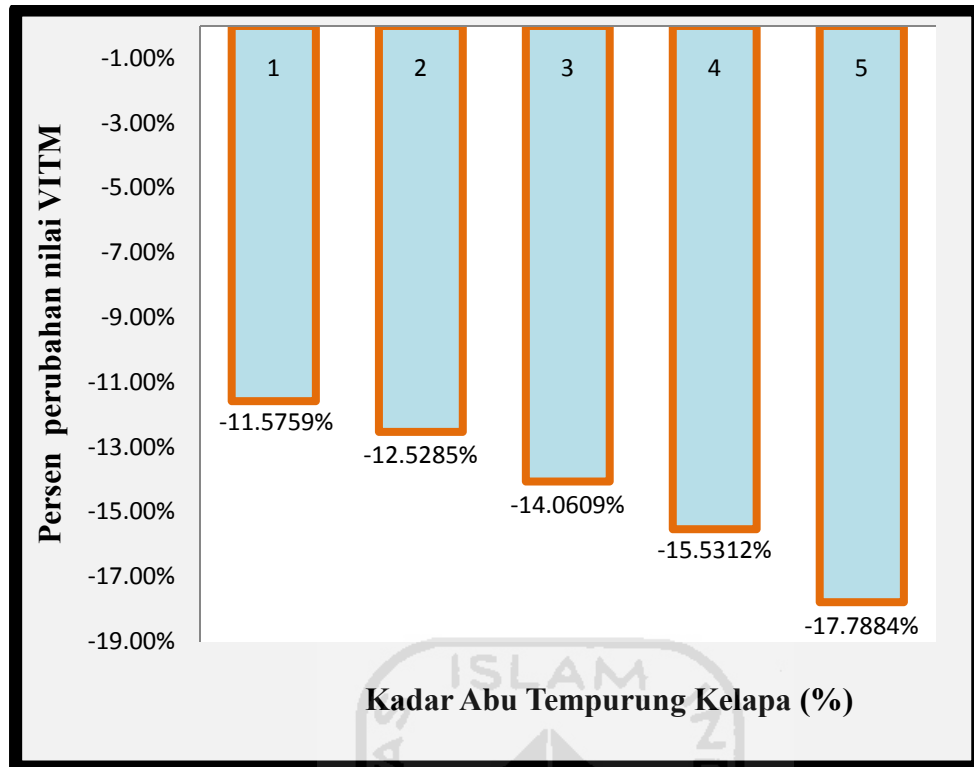
Volume rongga dalam campuran (VITM), biasanya dinyatakan dalam persen rongga dalam campuran total. Nilai VITM berpengaruh terhadap kekedapan campuran, apabila nilai VITM besar berarti rongga yang ada dalam campuran tersebut besar sehingga akan menyerap aspal secara berlebihan. Selain itu nilai VITM juga menunjukkan nilai kekakuan campuran. Campuran aspal yang memiliki nilai VITM rendah mempunyai nilai kekakuan yang tinggi dan sebaliknya bila campuran aspal memiliki nilai VITM yang besar akan berakibat kekakuannya menjadi rendah.

Dengan penambahan abu tempurung kelapa, jumlah kandungan rongga pada campuran akan semakin kecil. Dari gambar 5.12 dan gambar 5.13 jumlah kandungan rongga mempunyai kecenderungan menurun. Hal ini disebabkan semakin banyak kadar abu tempurung kelapa yang ditambahkan semakin banyak pula rongga yang dapat diisi oleh abu tempurung kelapa.



Gambar 5.12 Hubungan antara nilai VITM dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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



Gambar 5.13 Grafik persentase penurunan nilai VITM dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

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

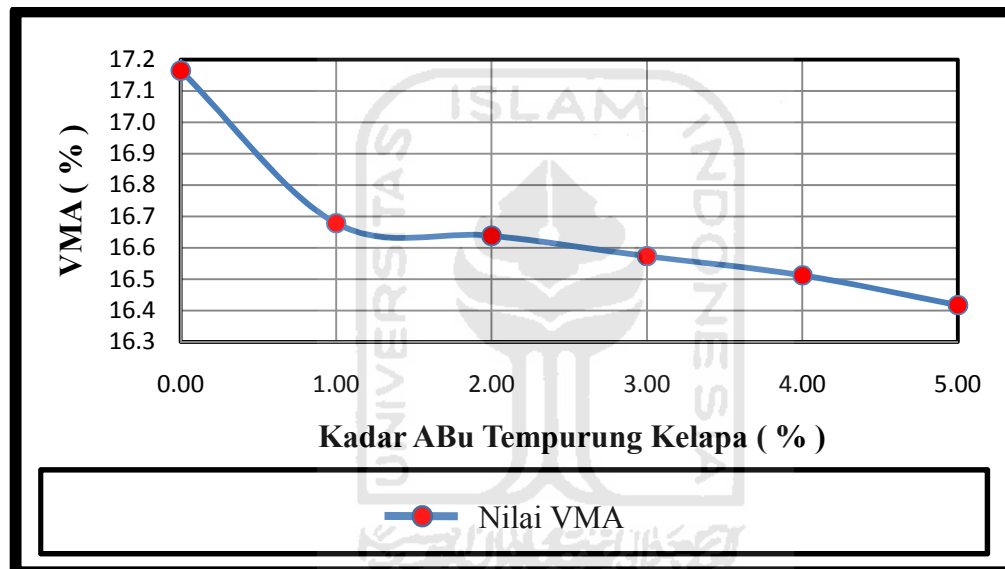
Dari persyaratan Bina Marga untuk beban lalu lintas berat, nilai VITM yang diijinkan berkisar antara 3,0 % sampai dengan 5,0 % dari hasil diatas maka penambahan abu tempurung kelapa memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

#### 5.9.4 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Void In Mineral Agregate (VMA)

Nilai VMA adalah rongga udara antar butiran agregat dalam campuran aspal padat. Faktor yang mempengaruhi nilai VMA antara lain jumlah tumbukan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA berpengaruh terhadap sifat kedap 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 kedap campuran terhadap air dan udara

semakin tinggi, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat berakibatkan terjadi *bleeding*. Pada saat perkerasan yang menerima beban pada temperatur tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah akan menyebabkan lapisan kurang dapat mengikat aspal sehingga perkerasan mudah terjadi *raveling*, *striping*, *fretting* dan lain sebagainya.

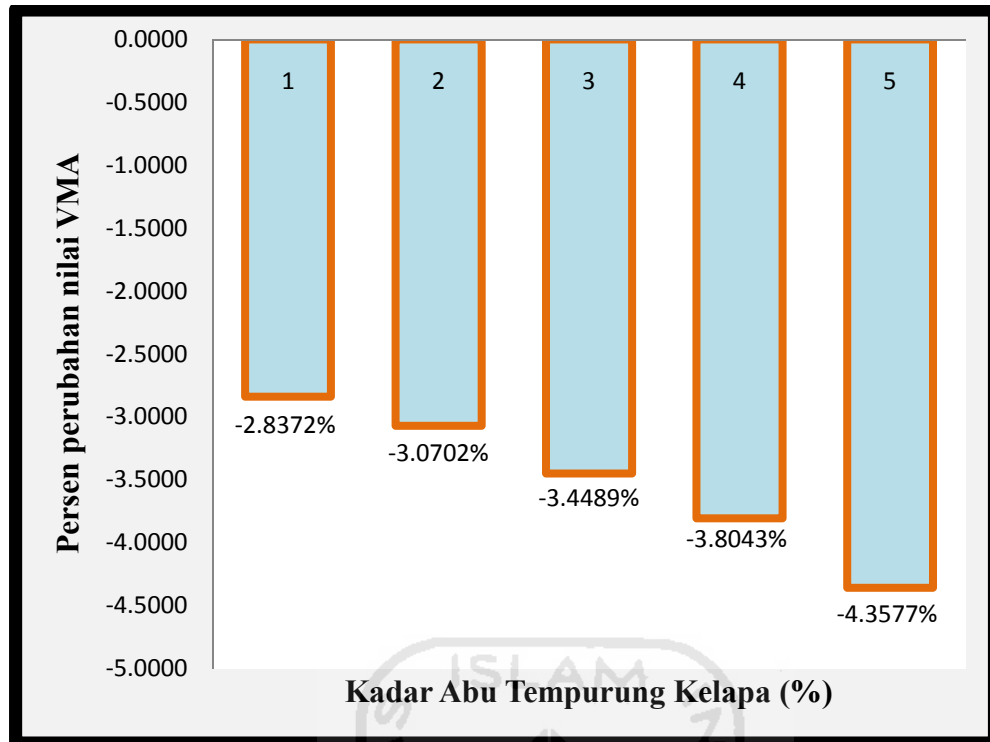
Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium diperoleh nilai VMA dengan penambahan abu tempurung kelapa yang ditunjukkan dengan gambar grafik hubungan antara nilai VMA dengan penambahan abu tempurung kelapa pada gambar 5.14 dan 5.15 berikut ini :



Gambar 5.14 Hubungan antara nilai VMA dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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





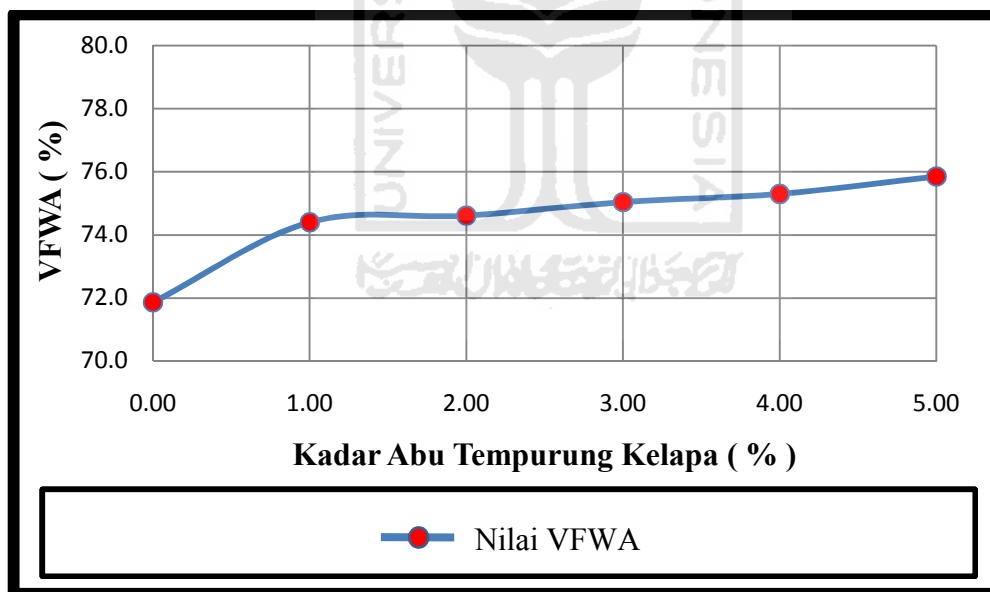
Gambar 5.15 Grafik persentase penurunan nilai VMA dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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

Dari gambar 5.14 dan gambar 5.15 dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan abu tempurung kelapa yang diberikan semakin kecil nilai VMA. Hal ini berarti penyerapan agregat terhadap aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa meningkat seiring bertambahnya bahan tambah. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai *density* yang cenderung meningkat dan nilai rongga dalam campuran mengalami penurunan. Dengan nilai VMA mengalami penurunan akan mengakibatkan kedekatan lapisan terhadap air tinggi, tetapi membuat lapisan perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) kurang dapat mengikat aspal dikarenakan nilai kepadatan yang tinggi sehingga memudahkan terjadi *crack*.

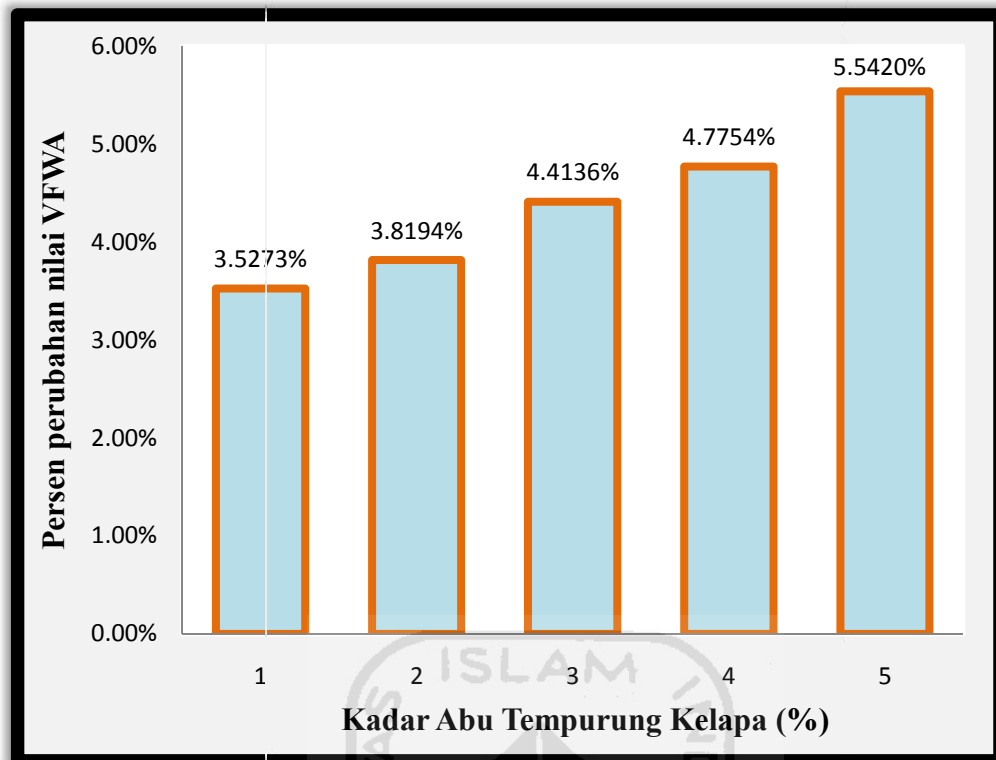
### 5.9.5 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Void Filled With Asphalt (VFWA)

Nilai VFWA memperlihatkan persentase rongga yang terisi aspal, apabila nilai VFWA besar berarti banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi tinggi dan sebaliknya bila nilai VFWA yang terlalu besar akan menyebabkan *bleeding*. Hal ini disebabkan aspal yang terlalu banyak jumlahnya, apabila menerima beban dan temperatur tinggi akan mencari rongga yang kosong, jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi maka akan terjadi *bleeding*. Sebaliknya apabila nilai VFWA terlalu rendah berarti rongga yang ada cukup besar dan akan mengakibatkan kedapannya perkerasan akan semakin kecil antara udara akan mengoksidasi aspal dalam campuran sehingga keawetan campuran berkurang. Dari hasil pemeriksaan di laboratorium diperoleh nilai VFWA dengan penambahan abu tempurung kelapa yang ditunjukkan pada gambar 5.16 dan 5.17 berikut ini.



Gambar 5.16 Hubungan antara nilai VFWA dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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



Gambar 5.17 Grafik persentase penurunan nilai VFWA dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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

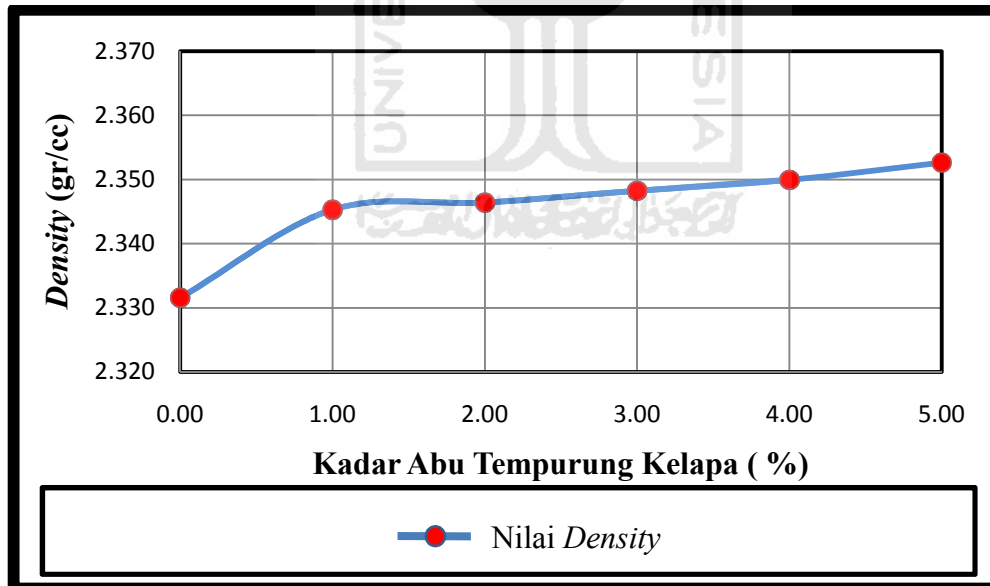
Nilai VFWA memperlihatkan kenaikan seiring bertambahnya kadar abu tempurung kelapa, hal ini dapat dibuktikan dengan nilai kepadatan campuran aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa meningkat dan nilai total rongga dalam campuran aspal menurun. Kecendrungan nilai VFWA meningkat dikarenakan aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa semakin banyak dan bersama-sama mengisi rongga antar butir agregat pada saat pencampuran dan pemadatan, sehingga dengan semakin banyak kadar abu tempurung kelapa akan mengakibatkan *film* aspal semakin tebal dan rongga yang terisi aspal semakin banyak, dan dengan nilai VFWA yang meningkat ini membuat campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa akan mengakibatkan kekedapan campuran terhadap udara dan air menjadi tinggi sehingga akan membuat campuran perkerasan menjadi lebih kedap dan awet.

### 5.9.6 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai *Density*

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

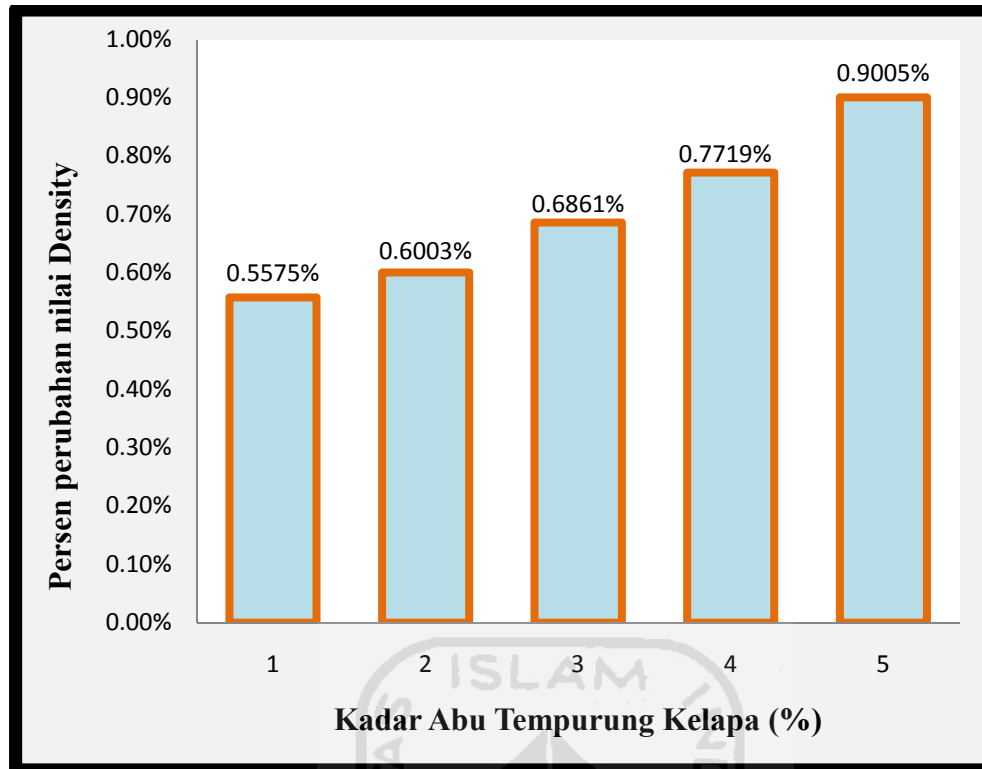
Campuran akan memiliki nilai *density* yang tinggi apabila memakai bahan yang memiliki porositas yang rendah, peningkatan pemakaian kadar aspal yang cukup, serta campuran dengan rongga agregat yang kecil. Nilai *density* juga akan meningkat jika energi pemadatan tinggi serta pada temperatur pemadatan yang tepat.

Dari hasil pemeriksaan di laboratorium diperoleh nilai *density* dengan penambahan abu tempurung kelapa yang ditunjukkan dengan grafik hubungan antara nilai *density* dengan penambahan abu tempurung kelapa pada gambar 5.18 dan 5.19 dibawah ini :



Gambar 5.18 Hubungan antara nilai *density* dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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



Gambar 5.19 Grafik persentase kenaikan nilai density dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

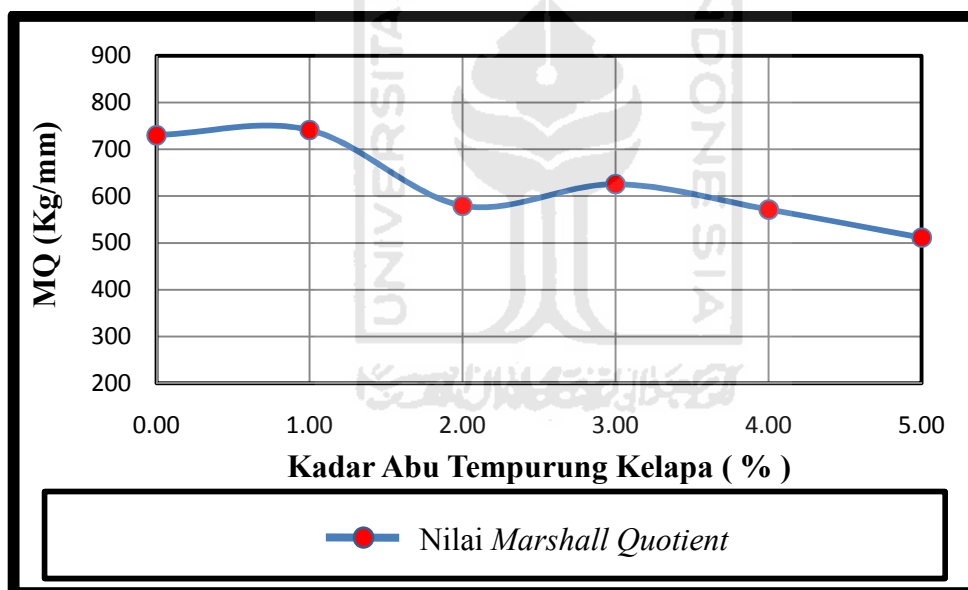
Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2011

Dari gambar 5.19 terlihat persen kenaikan nilai *density* aspal dengan penambahan abu tempurung kelapa terhadap campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* hingga mengalami kenaikan sebesar 0,9005 %.

Nilai *density* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* semakin meningkat seiring penambahan kadar abu tempurung kelapa, hal ini disebabkan unsur silika abu tempurung kelapa mengisi rongga-rongga antar butir agregat sehingga rongga-rongga diantara agregat semakin kecil yang mengakibatkan kerapatan campuran menjadi semakin besar seiring bertambah kadar abu tempurung kelapa.

### 5.9.7 Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Nilai *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* biasa dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai ini merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan *flow* (kelelehan). Stabilitas tinggi dengan nilai *flow* yang rendah menghasilkan perkerasan yang kaku sehingga campuran yang terjadi semakin getas. Sebaliknya stabilitas rendah dengan nilai *flow* yang tinggi akan mengakibatkan campuran terlalu plastis yang akan menyebabkan perkerasan akan mengalami deformasi yang besar jika menerima beban lalu lintas. Besarnya persentase perubahan dan nilai penurunan nilai *Marshall Quotient* terhadap campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat dilihat pada gambar 5.20 dan gambar 5.21 dibawah ini :

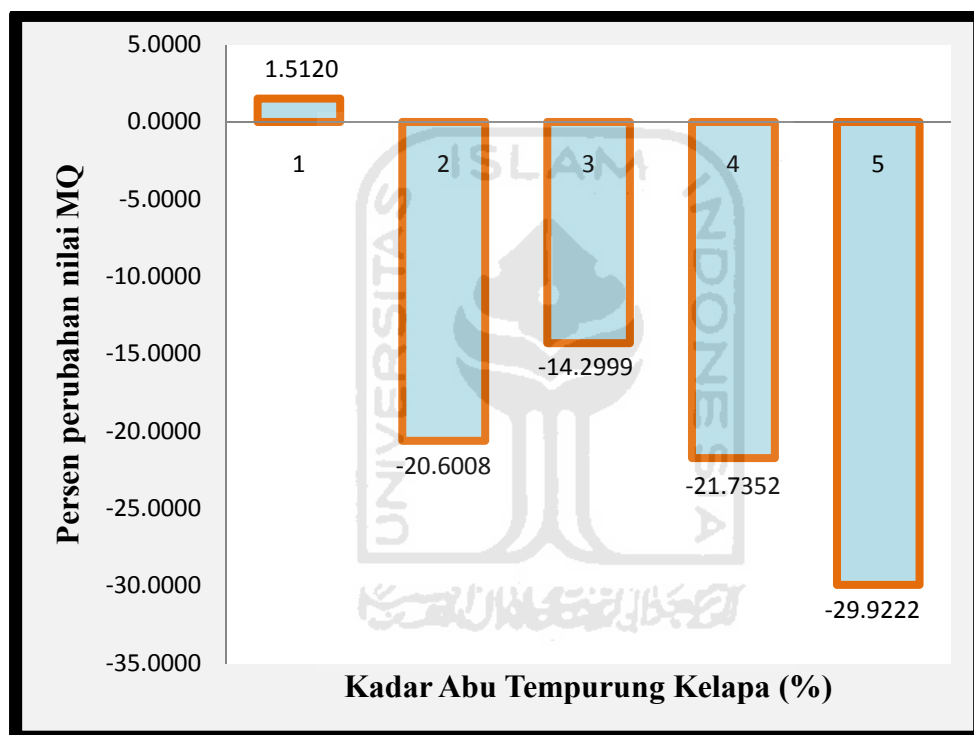


Gambar 5.20 Hubungan antara nilai MQ dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

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

Dari gambar 5.20 diatas memperlihatkan bahwa nilai *Marshall Quotient* campuran abu tempurung kelapa naik seiring dengan bertambahnya abu tempurung kelapa. Hal ini menunjukkan peningkatan abu tempurung kelapa

mengakibatkan campuran semakin fleksibel. Jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa, campuran aspal dengan abu tempurung kelapa sebesar 1,0 % sampai dengan 5,0% menurunkan nilai *Marshall Quotient*. Penurunan ini disebabkan oleh Meningkatnya nilai *Flow*. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal dengan abu tempurung kelapa tertinggi pada penambahan abu tempurung kelapa sebesar 1,0 % yaitu 741,318 Kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* campuran aspal dengan abu tempurung kelapa terkecil pada penambahan abu tempurung kelapa sebesar 5,0 % yaitu sebesar 511,761 Kg/mm.



Gambar 5.21 Grafik persentase Penurunan nilai MQ dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

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

Persentase penurunan *Marshall Quotient* campuran dengan penambahan abu tempurung kelapa 1,0 % sampai dengan 5,0 % berkisar antara -20,6008 % sampai dengan -29,9222 %. Nilai *Marshall Quotient* dapat mengindikasikan fleksibilitas dan kekakuan lapis perkerasan jalan, dengan penambahan abu

tempurung kelapa nilai *Marshall Quotient* akan dapat meningkatkan fleksibilitas, akan tetapi apabila penurunan *Marshall Quotient* terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami deformasi.

#### 5.10 PENGARUH KADAR ABU TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI *INDEX OF RETAINED STRENGTH*

*Index Of Retained Strength* atau indeks ketahanan kekuatan dapat diketahui dengan perendaman *Marshall (Immersion Test)*. Uji ini untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca dan air. Pada prinsipnya pemeriksaan ini sama dengan uji *Marshall* hanya saja lama perendaman pada suhu konstan 60 °C dilakukan selama 24 jam sebelum pembebanan dilakukan.

Indeks ketahanan kekuatan dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang direndam selama 0,5 jam (S1). Apabila indeks ketahanan kekuatan lebih atau sama dengan 75% campuran tersebut dapat dikatakan memiliki ketahanan kekuatan yang cukup dari kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca, air dan suhu. Hasil dari pemeriksaan rendaman (*Immersion Test*) dapat dilihat pada tabel 5.12 di bawah ini:

Tabel 5.17 Hasil pemeriksaan *Immersion Test* pada Kadar Aspal Optimum dan kadar abu tempurung Optimum

No	Abu Tempurung Kelapa	Stabilitas		Indek Perendaman
		0,5 Jam	24 Jam	
1	0,0 %	1795,717	1772,622	98,71%
		1627,326	1615,367	99,27%
		1808,655	1588,453	87,83%
Average		1743,899	1658,814	95,12%
2	3,0 %	2036,863	1903,056	93,43%
		2361,420	2014,524	85,31%
		2199,767	1947,337	88,52%
Average		2199,350	1954,972	88,89%

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



Dari tabel 5.17 di atas campuran *Asphalt Concrete-Wearing course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa yang direndam selama 24 jam menghasilkan nilai stabilitas yang lebih rendah dari nilai stabilitas dengan perendaman selama 0,5 jam. Hal ini disebabkan karena proses perendaman, air masuk ke pori-pori campuran sehingga mengurangi nilai kohesi dan penguncian antar agregat.

### 5.11 ANALISIS KETERSEDIAAN ZAT *ADDITIVE* ABU TEMPURUNG KELAPA DI LAPANGAN UNTUK PEKERJAAN JALAN

Merujuk pada penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), dengan penambahan abu tempurung kelapa didapati hasil penelitian untuk kadar *additive* optimum sebesar 3,0 % terhadap berat Kadar Aspal Optimum (KAO). Untuk menganalisis ketersediaan zat *additive* abu tempurung kelapa di lapangan sebagai bahan tambah perkerasan jalan maka diasumsikan untuk perencanaan jalan dengan panjang 1 Kilometer, lebar jalan 14 meter dan ketebalan lapisan *wearing course* 10 cm. maka secara detail didapatkan perhitungan dibawah ini :

Pekerjaan LASTON Lapis Aus (AC-WC)

Asumsi (Enggining Estimate Bina Marga, 2008)

1. Menggunakan alat berat (cara mekanik)
2. Lokasi pekerjaan : Sepanjang jalan
3. Kondisi eksisting jalan : Sedang
4. Jarak rata-rata Base Camp ke lokasi pekerjaan           L    5,0    KM
5. Tebal lapis (AC) padat   t    0,1    M
6. Jam kerja efektif per-hari                                       Tk   7,00 Jam
7. Faktor kehilangan material : a. Agregat                   Fh1 1,10 -  
  b. Aspal   Fh2 1,05 -
8. Komposisi campuran AC (spesifikasi)
 

a. Coarse Agregat	30-50 %	CA	61,45	%
b. Fine Agregat	39-59 %	FA	27,00	%
c. Fraksi <i>Filler</i>	4,5-7,5 %	FF	4,85	%

d. Aspal minyak	minimum 5,36 %	As	5,36	%
e. Aspal Retona/Asbuton	minimum 1,34 %	Asb	1,34	%
9. Berat jenis bahan :				
a. AC		D1	2,25	ton/m <sup>3</sup>
b. Coarse Agregat dan fine agregat		D2	1,80	ton/m <sup>3</sup>
c. Fraksi <i>filler</i>		D3	2,00	ton/m <sup>3</sup>
d. Asphalt		D4	1,03	ton/m <sup>3</sup>
Total			7,08	ton/m <sup>3</sup>

Untuk memperhitungkan jumlah *additive* dari Kadar Aspal Optimum yaitu sebesar 5,36 % adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Aspal} &= \frac{5,36}{100} \times 7,08 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 0,379488 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 379,488 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk Berat Penambahan abu tempurung kelapa pada kadar *additive* optimum yaitu 3,0 % adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat } \textit{additive} &= \frac{3,0}{100} \times 0,379488 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 0,011385 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 11,385 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data asumsi diatas untuk perencanaan *Asphalt Concrete-Wearing course* (AC-WC) dengan panjang jalan 1 Kilometer dengan perencanaan 4 lajur mempunyai lebar jalan 14 meter dan ketebalan lapisan *wearing course* 10 cm maka kebutuhan *additive* abu tempurung kelapa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{additive} \text{ per kilometer} &= 11,385 \text{ kg/m}^3 \times 0,1 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 1000 \text{ m} \\ &= 15.939 \text{ kg per kilometer} \end{aligned}$$

Berdasarkan data pada tahun 2000 jumlah produksi kelapa mencapai 5.600.000 ton pertahun. Bobot tempurung 12 % dari bobot buah kelapa, dengan demikian terdapat sekitar 672.000 ton tempurung kelapa. <http://www.bi.go.id/sipuk/>. Berdasarkan penelitian tempurung kelapa mempunyai kadar abu 0,4 % terhadap berat tempurung. <http://www.pdii.lipi.go.id>. Maka ketersediaan abu tempurung kelapa di lapangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Ketersediaan abu tempurung di lapangan per tahun} &= \frac{0,4}{100} \times 672.000 \text{ ton per tahun} \\ &= 2.688 \text{ ton per tahun} \\ &= 2.688.000 \text{ kg per tahun} \end{aligned}$$

dari ketersediaan abu tempurung kelapa di atas selama satu tahun, *additive* abu tempurung kelapa bisa memenuhi perencanaan jalan *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan lebar jalan 14 meter dan ketebalaan lapisan *Wearing Course* 10 cm.maka akan didapati panjang jalan sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Panjang jalan} &= \frac{2.688.000 \text{ kg per tahun}}{15.939 \text{ kg per kilometer}} \\ &= 168,65 \text{ kilometer per tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dengan penggunaan *additive* abu tempurung kelapa maka perencanaan jalan *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan lebar jalan 14 meter dan ketebalan lapisan *wearing course* 10 cm didapati panjang jalan 168,65 kilometer per tahun.

## 5.12 REKAPITULASI HASIL PENELITIAN

1. Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah mempunyai stabilitas yang sedikit lebih tinggi hingga 26,1168% bila dibandingkan dengan campuran tanpa abu tempurung kelapa. Dari hasil pengujian stabilitas masih dalam batasan minimum spesifikasi Bina Marga 1987 sebesar 550 kg
2. Nilai *flow* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan bahan tambah abu tempurung kelapa cenderung mengalami kenaikan hingga 65,2917% terhadap campuran tanpa abu tempurung kelapa, ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan abu tempurung kelapa memiliki fleksibilitas yang tinggi. Dari pengujian *flow* pada sampel hasil yang didapat masuk dalam batasan minimum dan batasan maksimum Bina Marga 1987 yaitu sebesar 2 mm sampai 4 mm
3. Nilai *Void In The Mix* (VITM) untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan abu tempurung kelapa sebagai *additive* lebih rendah hingga 17,7884 % jika dibandingkan dengan campuran tanpa penggunaan abu tempurung kelapa. Penurunan nilai VITM masih dalam batasan maksimum dan batasan minimum dari spesifikasi Bina Marga 1987 sebesar 3% sampai 5%
4. Nilai *Void Filled With Asphalt* (VFWA) untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan *additive* abu tempurung kelapa lebih tinggi 5,5420% bila dibandingkan dengan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) tanpa menggunakan bahan tambah abu tempurung kelapa.
5. Nilai campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan abu tempurung kelapa sebagai *additive* memiliki *density* atau kepadatan campuran lebih tinggi hingga 0,9005% dibandingkan dengan campuran tanpa abu tempurung kelapa
6. Nilai *Void in The Mineral Agregate* (VMA) mengalami penurunan seiring dengan penambahan abu tempurung kelapa hingga besar -4,3577%

dibandingkan dengan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) tanpa penambahan abu tempurung kelapa.

7. Nilai *Marshall Qoutient* (MQ) untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa cenderung menurun hingga 29,9222% dibandingkan dengan campuran tanpa abu tempurung kelapa.



## **BAB VI SIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1 SIMPULAN**

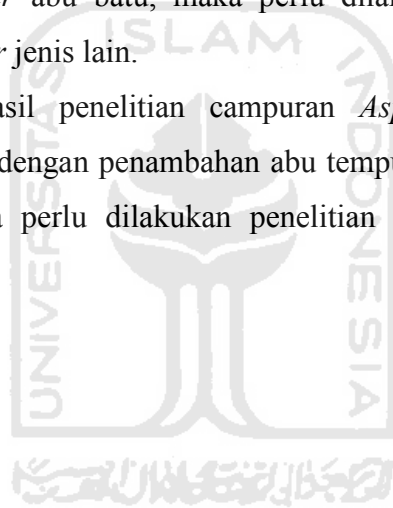
Berdasarkan analisis hasil pemeriksaan dan karakteristik campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa dengan kadar pencampuran dari 1,0% sampai dengan 5,0% terhadap berat aspal dari kadar aspal optimum (KAO), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian menggunakan *additive* abu tempurung kelapa dengan yang tidak menggunakan *additive* abu tempurung kelapa menghasilkan adanya perbedaan perilaku campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course*, (AC-WC). Dilihat dari nilai stabilitas, *flow*, *density*, VFWA yang semakin membesar serta semakin menurunnya nilai VITM, VMA, dan *Marshall Qoutient* .
2. Penambahan abu tempurung kelapa terhadap nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), dengan kadar pemakaian abu tempurung kelapa 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0%. Ditinjau dari stabilitas pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) kadar *additive* abu tempurung kelapa optimum pada 3,0% terhadap Kadar Aspal Optimum. (KAO)

### **6.2 SARAN – SARAN**

1. Merujuk pada penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menambahkan *additive* lainnya kedalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC).
2. Merujuk pada penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga 1987, maka perlu adanya penelitian dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga yang lain.

3. Pada penelitian ini menggunakan gradasi nomor 3 pada dengan tipe perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course*, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan gradasi agregat yang lain.
4. Pada penelitian ini menggunakan AC 60-70 produksi pertamina, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan aspal jenis lain.
5. Merujuk pada hasil penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa tidak memperhitungkan aspek biaya, maka perlu dilakukan penelitian dengan memperhitungkan aspek biaya
6. Merujuk pada hasil penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa dengan menggunakan *filler* abu batu, maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan *filler* jenis lain.
7. Merujuk pada hasil penelitian campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan abu tempurung kelapa dengan lalu lintas berat, maka perlu dilakukan penelitian dengan jenis lalu lintas lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (1987). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)*. Yayasan Penerbit PU. Jakarta.
- Ferdiyana, A. dan Fahtomi, I. (2005). Pengaruh *Alkyl Imidazoline* sebagai *Additive* Terhadap Karakteristik *Marshall*, Kohesi dan Kuat Tarik pada *Hot Rolled Asphalt*. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Imtihan, M dan Yunista, A. (2004). Pengaruh *Poly Ethylene* sebagai *Additive* Terhadap sifat *Marshall*. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Jufres, J. (2010) ” *Civil Enginnering*”. (Online). (<http://juffrez.blogspot.com>. Diakses tanggal 24 April 2011).
- Lipi.”*Karakteristik Tempurung Kelapa*”. (Online). (<http://www.pdi.lipi.go.id>. Diakses tanggal 22 Juli 2011).
- Nazir, C. (2002). Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minuman (*Poly Ethylene Terephthalate*) sebagai (*Additive*) pada Campuran HRA Ditinjau dari Sifat *Marshall*. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sholihah, B, A. (2010). Pengaruh Nilai Penetrasi Kombinasi Aspal Penetrasi 60/70 dengan Residu Oli Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sukirman, S. (1993). *Perkerasan Jalan Lentur*. Nova. Bandung.
- Susianti, N. (1999). Pemanfaatan Limbah Plastik Keras Sebagai Bahan Tambah (*Additive*) pada Campuran Beton Aspal (*Asphalt Concrete*). *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. (2006). *Dasar-Dasar Penulisan Proposal Penelitian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Totomihardjo, S. (1995). *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit. Yogyakarta.



- Wibowo, B. dan Iqbal, M. (2005). Pengaruh Penambahan Roadcell 50 pada Struktur Aspal Beton Bergradasi HRA dengan Pengujian *Marshall* dan Tarik Kohesi. *Tugas Akhir*. (Tidak diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- WL, Dadang. (2010). “*Arang tempurung*”. (Online). (<http://www.bi.go.id/sipuk/>. Diakses tanggal 22 Juli 2011).



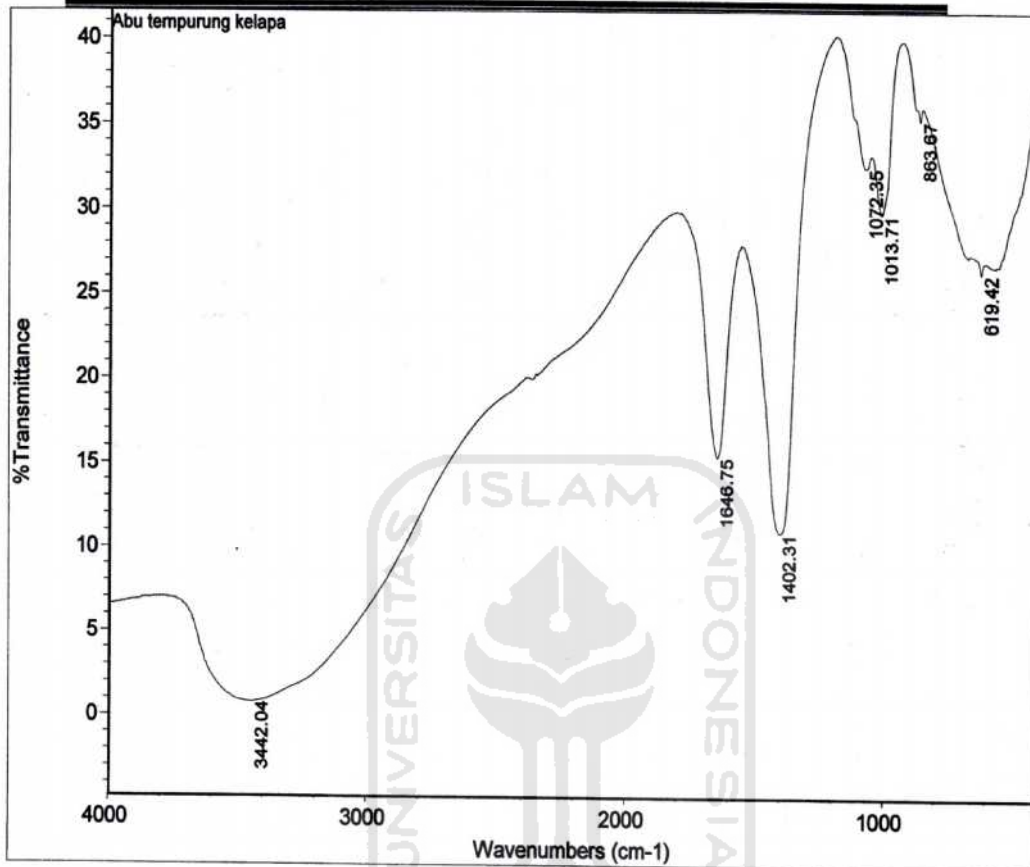
# LAMPIRAN





**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU**

Jl. Kaliurang Km.14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895920 ext. 3044 fax (0274) 896439 ext. 3020



Fri Mar 18 16:10:20 2011 (GMT+07:00)

**FIND PEAKS:**

Spectrum: Abu tempurung kelapa  
Region: 4000.00 400.00  
Absolute threshold: 41.165  
Sensitivity: 70  
Peak list:

Position:	3442.04	Intensity:	0.770
Position:	1402.31	Intensity:	10.895
Position:	1646.75	Intensity:	15.349
Position:	619.42	Intensity:	26.229
Position:	1013.71	Intensity:	29.757
Position:	1072.35	Intensity:	32.468
Position:	863.67	Intensity:	35.248

Lampiran 2



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 28 Februari 2011  
Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 28 Februari 2011  
Jenis agregat : Batu Pecah

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,7	1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
9,52	3/8 "	114,0	114,0	10,0	90,0	80	100
4,76	#4	285,0	399,0	35,0	65,0	55	75
2,38	#8	256,5	655,5	57,5	42,5	35	50
0,59	#30	216,6	872,1	76,5	23,5	18	29
0,279	#50	62,7	934,8	82,0	18,0	13	23
0,149	#100	68,4	1003,2	88,0	12,0	8	16
0,074	#200	57,0	1060,2	93,0	7,0	4	10
Pan		79,8	1140,0	100,0	0,0	0	0

Keterangan : Kadar Aspal : 5,0 %  
Berat campuran : 1.200 gram  
Berat aspal : 60 gram  
Berat agregat : 1.140 gram

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)

Lampiran 3



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 28 Februari 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 28 Februari 2011  
 Jenis agregat : Batu Pecah

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,7	1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
9,52	3/8 "	113,4	113,4	10,0	90,0	80	100
4,76	#4	283,5	396,9	35,0	65,0	55	75
2,38	#8	255,2	652,1	57,5	42,5	35	50
0,59	#30	215,5	867,5	76,5	23,5	18	29
0,279	#50	62,4	929,9	82,0	18,0	13	23
0,149	#100	68,0	997,9	88,0	12,0	8	16
0,074	#200	56,7	1054,6	93,0	7,0	4	10
Pan		79,4	1134,0	100,0	0,0	0	0

Keterangan : Kadar Aspal : 5,5%  
 Berat campuran : 1.200 gram  
 Berat aspal : 66 gram  
 Berat agregat : 1.134 gram

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)

Lampiran 4



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 28 Februari 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 28 Februari 2011  
 Jenis agregat : Batu Pecah

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,7	1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
9,52	3/8 "	112,8	112,8	10,0	90,0	80	100
4,76	#4	282,0	394,8	35,0	65,0	55	75
2,38	#8	253,8	648,6	57,5	42,5	35	50
0,59	#30	214,3	862,9	76,5	23,5	18	29
0,279	#50	62,0	925,0	82,0	18,0	13	23
0,149	#100	67,7	992,6	88,0	12,0	8	16
0,074	#200	56,4	1049,0	93,0	7,0	4	10
Pan		79,0	1128,0	100,0	0,0	0	0

Keterangan : Kadar Aspal : 6,0%  
 Berat campuran : 1.200 gram  
 Berat aspal : 72 gram  
 Berat agregat : 1.128 gram

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)

Lampiran 5



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 28 Februari 2011  
Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 28 Februari 2011  
Jenis agregat : Batu Pecah

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,7	1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
9,52	3/8 "	112,2	112,2	10,0	90,0	80	100
4,76	#4	280,5	392,7	35,0	65,0	55	75
2,38	#8	252,5	645,2	57,5	42,5	35	50
0,59	#30	213,2	858,3	76,5	23,5	18	29
0,279	#50	61,7	920,0	82,0	18,0	13	23
0,149	#100	67,3	987,4	88,0	12,0	8	16
0,074	#200	56,1	1043,5	93,0	7,0	4	10
Pan		78,5	1122,0	100,0	0,0	0	0

Keterangan : Kadar Aspal : 6,5%  
Berat campuran : 1.200 gram  
Berat aspal : 78 gram  
Berat agregat : 1.122 gram

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)

Lampiran 6



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 28 Februari 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 28 Februari 2011  
 Jenis agregat : Batu Pecah

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	Inch	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
12,7	1/2 "	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100
9,52	3/8 "	111,6	111,6	10,0	90,0	80	100
4,76	#4	279,0	390,6	35,0	65,0	55	75
2,38	#8	251,1	641,7	57,5	42,5	35	50
0,59	#30	212,0	853,7	76,5	23,5	18	29
0,279	#50	61,4	915,1	82,0	18,0	13	23
0,149	#100	67,0	982,1	88,0	12,0	8	16
0,074	#200	55,8	1037,9	93,0	7,0	4	10
Pan		78,1	1116,0	100,0	0,0	0	0

Keterangan : Kadar Aspal : 7,0 %  
 Berat campuran : 1.200 gram  
 Berat aspal : 84 gram  
 Berat agregat : 1.116 gram

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



Lampiran 7



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN

AGREGAT KASAR

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 5 April 2011  
Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 6 April 2011  
Jenis agregat : Batu pecah tertahan pada saringan # 4

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1.589 Gram
Berat benda uji di dalam air (BA)	1.000 Gram
Berat sample kering oven (BK)	1.561 Gram
Berat jenis (bulk) = $\frac{BK}{(BJ-BA)}$	2,65
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ-BA)}$	2,70
Berat jenis semu = $\frac{BK}{(BK-BA)}$	2,78
Penyerapan = $\frac{BJ-BK}{BK} \times 100\%$	1,78

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN**  
**AGREGAT HALUS**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 5 April 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 6 April 2011  
 Jenis agregat : Batu pecah lolos pada saringan # 4

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500,0 Gram
Berat Vicnometer + air (B)	639,0 Gram
Berat Vicnometer + air + benda uji (BT)	956,2 Gram
Berat sample kering oven (BK)	488,0 Gram
Berat jenis = $\frac{BK}{(B+500-BT)}$	2,67
Berat SSD = $\frac{500}{(B+500-BT)}$	2,73
Berat jenis semu = $\frac{BK}{(B+BK-BT)}$	2,86
Penyerapan = $\frac{500-BK}{BK} \times 100 \%$	2,46

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)

Lampiran 9



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT**

**TERHADAP ASPAL**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 5 April 2011  
Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 6 April 2011  
Jenis agregat : Batu pecah tertahan pada saringan  $\frac{1}{4}$ " (6,3 mm)

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26 °C	11.30 WIB
Selesai pemanasan	170 °C	11.50 WIB
<b>Didiamkan pada suhu ruang</b>		
Mulai	170 °C	11.50 WIB
Selesai	26 °C	12.25 WIB
<b>diperiksa</b>		
Mulai	26 °C	12.25 WIB
selesai	26 °C	12.30 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

BENDA UJI	PERSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPAL
1	99 %

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN  
MESIN LOS ANGELES**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 5 April 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 6 April 2011  
 Jenis agregat : Batu pecah tertahan pada ½ '' dan ¾ ''

JENIS GRADASI				BENDA UJI
SARINGAN				(gram)
LOLOS		TERTAHAN		1
mm	Inch	mm	Inch	
72,2	3"	63,5	2,5"	
63,5	2,5"	50,8	2"	
50,8	2"	37,5	1,5"	
37,5	1,5"	25,4	1"	
25,4	1"	19,0	¾"	
19,0	¾"	12,5	½"	2.500
12,5	½"	09,5	3/8"	2.500
09,5	3/8"	06,3	¼"	
06,3	¼"	4,75	#4"	
4,75	#4"	2,36	#8"	
JUMLAH BENDA UJI (A)				5.000
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)				3709
KEAUSAN = $\frac{(A-B)}{A} \times 100 \%$				25,82 %

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



**LABORATORIUM JALAN RAYA**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 5 April 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 5 April 2011

Jenis agregat : Batu pecah lolos #8

TRIAL NUMBER		I	II
<b>Seaking (10.1 min)</b>	<b>Start</b>	13.13 WIB	13.13 WIB
	<b>Stop</b>	13.23 WIB	13.23 WIB
<b>Sedimentation (20 min – 15 sec)</b>	<b>Start</b>	13.26 WIB	13.26 WIB
	<b>Stop</b>	13.46 WIB	13.46 WIB
<b>Clay reading</b>		5,0625	5,2325
<b>Sand reading</b>		4,0	4.1245
<b>SE = <math>\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100 \%</math></b>		79,0123 %	78,8246
<b>Average Sand Equivalent</b>		<b>78,9184</b>	

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :6 April 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :6 April 2011

Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25 °C	10.00 WIB
Selesai pemanasan	155 °C	10.20 WIB
<b>Didiamkan pada suhu ruang</b>		
Mulai	155 °C	10.20 WIB
Selesai	25 °C	11.30 WIB
<b>Direndam air dengan suhu 25 °C</b>		
Mulai	25 °C	11.30 WIB
Selesai	25 °C	12.30 WIB
<b>Diperiksa</b>		
Mulai	25 °C	12.30 WIB
Selesai	25 °C	13.00 WIB

## HASIL PENGAMATAN

No	Cawan I	Cawan II	Sket hasil pengamatan
1.	60	61	
2.	61	63	
3.	60	61	
4.	64	60	
5.	64	62	
	61,6		

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL DENGAN

## ABU TEMPURUNG KELAPA

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :19 Mei 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :19 Mei 2011  
 Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25 °C	09.30 WIB
Selesai pemanasan	155 °C	09.50 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	155 °C	10.00 WIB
Selesai	25 °C	11.30 WIB
Direndam air dengan suhu 25 °C		
Mulai	25 °C	11.30 WIB
Selesai	25 °C	12.30 WIB
Diperiksa		
Mulai	25 °C	12.30 WIB
Selesai	25 °C	13.00 WIB

## HASIL PENGAMATAN

No	Cawan I	Cawan II	Sket hasil pengamatan
1.	55	53	
2.	55	53	
3.	52	54	
4.	50	50	
5.	54	53	
52,9			

Keterangan : penambahan abu tempurung kelapa 3 % dari berat aspal

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)


**LABORATORIUM JALAN RAYA**
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :6 April 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :6 April 2011

Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26 °C	10.00 WIB
Selesai pemanasan	155 °C	10.20 WIB
<b>Didiamkan pada suhu ruang</b>		
Mulai	155 °C	10.20 WIB
Selesai	26 °C	11.20 WIB
<b>Diperiksa</b>		
Mulai	26 °C	13.30 WIB
Selesai	305 °C	13.55 WIB
<b>HASIL PENGAMATAN</b>		
CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	300 °C	305 °C

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)





## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 6 April 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 6 April 2011  
 Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26 °C	09.30 WIB
Selesai pemanasan	155 °C	10.30 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	155 °C	10.30 WIB
Selesai	26 °C	11.30 WIB
Diperiksa		
Mulai	5 °C	14.00 WIB
Selesai	51 °C	14.10 WIB

## HASIL PENGAMATAN

No.	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5 °C	0	0	49 °C	51 °C
2	10 °C	95	95		
3	15 °C	127	127		
4	20 °C	235	235		
5	25 °C	276	276		
6	30 °C	239	239	Average 51 °C	
7	35 °C	407	407		
8	40 °C	479	479		
9	45 °C	521	521		
10	50 °C	589	598		
11	55 °C				

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA**

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl : 19 Mei 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl : 19 Mei 2011  
 Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26 °C	09.30 WIB
Selesai pemanasan	155 °C	10.30 WIB
<b>Didiamkan pada suhu ruang</b>		
Mulai	155 °C	10.30 WIB
Selesai	26 °C	11.30 WIB
<b>Diperiksa</b>		
Mulai	5 °C	12.30 WIB
Selesai	51 °C	12.42 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

No.	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5 °C	0	0	52 °C	54 °C
2	10 °C	56	56		
3	15 °C	102	102		
4	20 °C	203	203		
5	25 °C	249	249		
6	30 °C	340	340	Average 53 °C	
7	35 °C	456	456		
8	40 °C	536	536		
9	45 °C	628	628		
10	50 °C	706	706		
11	55 °C				

Keterangan : Penambahan abu tempurung kelapa 3 % dari berat aspal

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

K. Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :6 April 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :6 April 2011

Jenis Aspal : AC 60-70

No	PEMERIKSAAN	SAMPEL I	SAMPEL II
1	Berat viconomter kosong	11,19 Gram	11,45 Gram
2	Berat vicnometer + aquadest	27,8 Gram	26,36 Gram
3	Berat air (2-1)	16,61 Gram	14,91 Gram
4	Berat vicnometer + aspal	14,06 Gram	14,14 Gram
5	Berat aspal (4-1)	2,87 Gram	2,69 Gram
6	Berat vicnometer + aspal + aquadest	27,91 Gram	26,51 Gram
7	Berat air	13,85 Gram	12,37 Gram
8	Volume air (3-7)	2,76 Gram	2,54 Gram
9	Berat jenis aspal (5/8)	1,040	1,059
	Rata-rata		1,049

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS ABU TEMPURUNG KELAPA

Contoh dari : Proses Pembakaran Diterima Tgl :19 Mei 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :19 Mei 2011

Jenis Material : Abu Tempurung Kelapa

No	PEMERIKSAAN	SAMPEL I	SAMPEL II
1	Berat viconomter kosong	11,91 Gram	11,94 Gram
2	Berat vicnometer + aquadest	29,84 Gram	29,86 Gram
3	Berat air (2-1)	17,93 Gram	17,92 Gram
4	Berat vicnometer + Abu	13,93 Gram	13,98 Gram
5	Berat aspal (4-1)	2,02 Gram	2,04 Gram
6	Berat vicnometer + Abu+ aquadest	31,04 Gram	31,06 Gram
7	Berat air	17,11 Gram	17,08 Gram
8	Volume air (3-7)	0,82 Gram	0,84 Gram
9	Berat jenis Abu (5/8)	2,46	2,43
	Rata-rata	2,445	

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :6 April 2011  
 Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :6 April 2011  
 Jenis Aspal : AC 60-70

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

Daktilitas pada suhu $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm permenit	Pembacaan pengukuran pada alat
Pengamatan I	165 cm
Pengamatan II	165 cm
Rerata ( I + II )	165 cm

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



## LABORATORIUM JALAN RAYA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM TCE

Contoh dari : Lab.Jalan Raya FTSP UII Diterima Tgl :7 April 2011

Pekerjaan : Tugas Akhir Selesai Tgl :7 April 2011

Jenis ASpal : AC 60-70

PEMERIKSAAN		Pembacaan waktu	Pembacaan suhu
Penimbangan	Mulai	12.40 WIB	26 °C
Pelarutan	Mulai	12.45 WIB	26 °C
Penyaringan	Mulai	12.55 WIB	26 °C
	Selesai	13.02 WIB	26 °C
Oven	Mulai	13.22 WIB	26 °C
Penimbangan	selesai	13.22 WIB	26 °C

1	Berat botol erlenmeyer kosong	68,94 Gram
2	Berat Erlenmeyer + aspal	71,31 Gram
3	Berat aspal ( 2 - 1 )	2,37 Gram
4	Berat kertas saring bersih	0,58 Gram
5	Berat kertas saring + endapan	0,59 Gram
6	Berat endapan saja ( 5 - 4 )	0,01 Gram
7	Persentase endapan (6/3 x 100 %)	0,4219 %
8	Bitumen yang terlarut (100%-7)	99,5781 %

Mengetahui

Yogyakarta, 24 Juli 2011

Ka Lab Jalan Raya UII

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

(Husnan F.W)



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

Lampiran 21

MARSHALL TEST ASPAL OPTIMUM ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE

Asal Material : Lab Jalan Raya FTSP UII

Jenis Campuran : AC

Dikerjakan Oleh : Husnan F.W

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l (%)	m (%)	n (%)	o	p	q (kg)	r (mm)	MQ (Kg/mm)
A	6.22	5.26	5.00	1,183.00	1,190.00	683.00	507.00	2.333	2.469	11.122	83.380	5.498	16.620	66.919	5.498	80.00	1,779.406	1,837.236	1.950	942.172
B	6.27	5.26	5.00	1,181.00	1,190.00	680.00	510.00	2.316	2.469	11.038	82.750	6.213	17.250	63.985	6.213	72.00	1,601.465	1,633.494	2.700	604.998
C	6.24	5.26	5.00	1,183.00	1,191.00	686.00	505.00	2.343	2.469	11.166	83.711	5.124	16.289	68.546	5.124	85.00	1,890.619	1,942.611	1.900	1,022.427
Rerata	6.25	5.26	5.00	1,182.33	1,190.33	683.00	507.33	2.331	2.469	11.108	83.280	5.611	16.720	66.483	5.611	79.00	1,757.163	1,804.447	2.183	856.532
A	6.15	5.82	5.50	1,175.00	1,180.00	681.00	499.00	2.355	2.452	12.346	83.701	3.953	16.299	75.748	3.953	79.00	1,737.163	1,849.414	2.930	631.199
B	6.21	5.82	5.50	1,184.00	1,189.00	683.00	506.00	2.340	2.452	12.268	83.176	4.556	16.824	72.921	4.556	82.00	1,823.891	1,887.727	2.800	674.188
C	6.10	5.82	5.50	1,181.00	1,184.00	685.00	499.00	2.367	2.452	12.409	84.129	3.462	15.871	78.185	3.462	79.00	1,737.163	1,876.870	2.100	893.748
Rerata	6.15	5.82	5.50	1,180.00	1,184.33	683.00	501.33	2.354	2.452	12.341	83.669	3.990	16.331	75.618	3.990	80.00	1,779.406	1,871.337	2.610	733.045
A	6.12	6.38	6.00	1,174.00	1,177.00	679.00	498.00	2.357	2.434	13.484	83.355	3.161	16.645	81.007	3.161	87.00	1,935.104	2,054.838	2.300	893.408
B	6.08	6.38	6.00	1,179.00	1,181.00	684.00	497.00	2.372	2.434	13.569	83.878	2.553	16.122	84.162	2.553	80.00	1,779.406	1,911.749	3.980	480.339
C	6.07	6.38	6.00	1,177.00	1,179.00	683.00	496.00	2.373	2.434	13.573	83.905	2.523	16.095	84.328	2.523	82.00	1,823.891	1,965.242	1.980	992.547
Rerata	6.09	6.38	6.00	1,176.67	1,179.00	682.00	497.00	2.368	2.434	13.542	83.712	2.746	16.288	83.166	2.746	83.00	1,846.133	1,977.277	2.753	788.764
A	6.21	6.95	6.50	1,188.00	1,189.00	689.00	500.00	2.376	2.417	14.723	83.564	1.713	16.436	89.578	1.713	84.00	1,868.376	1,933.769	3.850	502.278
B	6.09	6.95	6.50	1,182.00	1,183.00	687.00	496.00	2.383	2.417	14.766	83.813	1.421	16.187	91.223	1.421	82.00	1,823.891	1,953.843	3.800	514.169
C	6.05	6.95	6.50	1,170.00	1,177.00	682.00	495.00	2.364	2.417	14.646	83.130	2.224	16.870	86.815	2.224	81.00	1,801.648	1,952.536	3.700	527.713
Rerata	6.12	6.95	6.50	1,180.00	1,183.00	686.00	497.00	2.374	2.417	14.712	83.502	1.786	16.498	89.205	1.786	82.33	1,831.305	1,946.716	3.783	514.720
A	6.11	7.53	7.00	1,175.00	1,177.00	685.00	492.00	2.388	2.401	15.937	83.545	0.519	16.455	96.848	0.519	78.00	1,734.921	1,847.690	3.900	473.767
B	6.19	7.53	7.00	1,176.00	1,180.00	685.00	495.00	2.376	2.401	15.853	83.109	1.037	16.891	93.858	1.037	80.00	1,779.406	1,850.582	3.900	474.508
C	6.01	7.53	7.00	1,177.00	1,181.00	685.00	496.00	2.373	2.401	15.835	83.012	1.153	16.988	93.213	1.153	80.00	1,779.406	1,950.673	4.000	487.668
Rerata	6.10	7.53	7.00	1,176.00	1,179.33	685.00	494.33	2.379	2.401	15.875	83.222	0.903	16.778	94.640	0.903	79.33	1,764.577	1,882.982	3.900	478.648

t = Tebal Benda Uji

a = % Aspal Terhadap Campuran

b = % Aspal Terhadap Campuran

c = Berat Kering Sebelum direndam

d = Berat Basah Jenuh (SSD)

e = Berat didalam Air

f = Volume (isi), d-e

g = Berat isi, c/f

h = B.J Maksimum

(100 : (% Agr/B.J Agregat + % Asp/B.J Asp))

i = (b x g) : B.J Asp

j = (100 - b) x g : B.J Agregat

k = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - i - j)

l = Rongga Terhadap Agregat, (100 - j)

m = Rongga Terisi Aspal (VFWA)

100 x (i/l)

n = Rongga yang Terisi Campuran

100 - (100 x (g/h))

o = Pembacaan Arloji Stabilitas

p = o x Kalibrasi Proving Ring

q = p x Koreksi tebal Benda Uji (Stabilitas)

r = Flow (Kelelahan Plastis)

MQ = Marshall Quotient

Suhu Pencampuran = 160 °C

Suhu Pematatan = 140 °C

Suhu Waterbath = 60 °C

B.J Aspal = 1,049

B.J Agregat = 2,6585

Kalibrasi Proving Ring = 22,242571

Mengetahui

Ka. Lab Jalan Raya UII

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Penganti

Husnan F.W



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

Lampiran 22

**MARSHALL TEST ASPAL OPTIMUM ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE + ABU TEMPURUNG KELAPA**

Asal Material : Lab Jalan Raya FTSP UII

Jenis Campuran : AC

Dikerjakan Oleh : Husnan F.W

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l (%)	m (%)	n (%)	o	p	q (kg)	r (mm)	MQ (Kg/mm)	
0,00%	A	6.313	5.876	5.550	1181.000	1190.000	683.000	507.000	2.329	2.450	12.324	82.757	4.918	17.243	71.476	4.918	80.000	1779.406	1795.717	2.600	690.660
0,00%	B	6.397	5.876	5.550	1182.000	1190.000	683.000	507.000	2.331	2.450	12.335	82.828	4.838	17.172	71.828	4.858	76.000	1690.435	1627.326	2.400	678.052
0,00%	C	6.180	5.876	5.550	1181.000	1188.000	682.000	506.000	2.334	2.450	12.349	82.921	4.730	17.079	72.303	4.730	78.000	1734.921	1808.655	2.200	822.116
<b>Rerata</b>		<b>6.297</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1181.333</b>	<b>1189.333</b>	<b>682.667</b>	<b>506.667</b>	<b>2.332</b>	<b>2.450</b>	<b>12.336</b>	<b>82.835</b>	<b>4.829</b>	<b>17.165</b>	<b>71.869</b>	<b>4.829</b>	<b>78.000</b>	<b>1734.921</b>	<b>1743.899</b>	<b>2.400</b>	<b>730.276</b>
1,00%	A	6.273	5.876	5.550	1179.000	1186.000	684.000	507.000	2.349	2.450	12.426	83.440	4.134	16.560	75.037	4.134	80.000	1779.406	1813.511	2.900	625.349
1,00%	B	6.210	5.876	5.550	1181.000	1188.000	685.000	503.000	2.348	2.450	12.422	83.416	4.162	16.584	74.903	4.162	79.000	1757.153	1818.664	2.600	699.486
1,00%	C	6.170	5.876	5.550	1179.000	1188.000	684.000	504.000	2.339	2.450	12.377	83.109	4.514	16.891	73.274	4.514	85.000	1890.619	1978.060	2.200	899.118
<b>Rerata</b>		<b>6.218</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1179.667</b>	<b>1187.333</b>	<b>684.333</b>	<b>503.000</b>	<b>2.345</b>	<b>2.450</b>	<b>12.408</b>	<b>83.322</b>	<b>4.270</b>	<b>16.678</b>	<b>74.404</b>	<b>4.270</b>	<b>81.333</b>	<b>1809.062</b>	<b>1870.078</b>	<b>2.567</b>	<b>741.318</b>
2,00%	A	6.240	5.876	5.550	1175.000	1185.000	685.000	500.000	2.350	2.450	12.433	83.490	4.077	16.510	75.306	4.077	95.000	2113.044	2171.153	3.300	657.925
2,00%	B	6.230	5.876	5.550	1182.000	1190.000	686.000	504.000	2.345	2.450	12.408	83.321	4.271	16.679	74.591	4.271	81.000	1801.648	1855.698	3.500	530.199
2,00%	C	6.147	5.876	5.550	1179.000	1187.000	684.000	503.000	2.344	2.450	12.401	83.274	4.324	16.726	74.145	4.324	80.000	1779.406	1874.678	3.400	551.376
<b>Rerata</b>		<b>6.206</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1178.667</b>	<b>1187.333</b>	<b>685.000</b>	<b>502.333</b>	<b>2.346</b>	<b>2.450</b>	<b>12.414</b>	<b>83.362</b>	<b>4.224</b>	<b>16.638</b>	<b>74.614</b>	<b>4.224</b>	<b>85.333</b>	<b>1898.033</b>	<b>1967.176</b>	<b>3.400</b>	<b>579.833</b>
3,00%	A	6.280	5.876	5.550	1181.000	1189.000	683.000	506.000	2.334	2.450	12.349	82.921	4.730	17.079	72.303	4.730	90.000	2001.831	2036.863	3.800	536.017
3,00%	B	6.267	5.876	5.550	1179.000	1188.000	685.000	503.000	2.344	2.450	12.401	83.274	4.324	16.726	74.145	4.324	104.000	2313.227	2361.420	3.400	694.535
3,00%	C	6.187	5.876	5.550	1181.000	1186.000	687.000	499.000	2.367	2.450	12.522	84.084	3.394	15.916	78.676	3.394	95.000	2113.044	2199.767	3.400	646.990
<b>Rerata</b>		<b>6.244</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1180.333</b>	<b>1187.667</b>	<b>685.000</b>	<b>502.667</b>	<b>2.348</b>	<b>2.450</b>	<b>12.424</b>	<b>83.427</b>	<b>4.150</b>	<b>16.673</b>	<b>75.041</b>	<b>4.150</b>	<b>96.333</b>	<b>2142.701</b>	<b>2199.380</b>	<b>3.533</b>	<b>625.847</b>
4,00%	A	6.207	5.876	5.550	1180.000	1188.000	687.000	501.000	2.355	2.450	12.461	83.678	3.861	16.322	76.345	3.861	87.000	1935.104	2004.445	4.800	417.593
4,00%	B	6.265	5.876	5.550	1180.000	1190.000	687.000	503.000	2.346	2.450	12.417	83.345	4.243	16.655	74.522	4.243	95.000	2113.044	2158.827	3.200	674.633
4,00%	C	6.160	5.876	5.550	1179.000	1187.000	685.000	502.000	2.349	2.450	12.426	83.440	4.134	16.560	75.037	4.134	96.000	2135.287	2240.717	3.600	622.421
<b>Rerata</b>		<b>6.210</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1179.667</b>	<b>1188.333</b>	<b>686.333</b>	<b>502.000</b>	<b>2.350</b>	<b>2.450</b>	<b>12.433</b>	<b>83.488</b>	<b>4.079</b>	<b>16.512</b>	<b>75.301</b>	<b>4.079</b>	<b>92.667</b>	<b>2061.145</b>	<b>2134.663</b>	<b>3.867</b>	<b>571.549</b>
5,00%	A	6.263	5.876	5.550	1187.000	1194.000	688.000	506.000	2.346	2.450	12.411	83.342	4.246	16.658	74.508	4.246	86.000	1912.861	1954.306	4.500	434.290
5,00%	B	6.237	5.876	5.550	1185.000	1192.000	687.000	505.000	2.347	2.450	12.415	83.367	4.218	16.633	74.639	4.218	90.000	2001.831	2058.550	3.900	527.833
5,00%	C	6.203	5.876	5.550	1178.000	1184.000	686.000	498.000	2.365	2.450	12.515	84.039	3.446	15.961	78.411	3.446	87.000	1935.104	2006.037	3.500	573.159
<b>Rerata</b>		<b>6.234</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1183.333</b>	<b>1190.000</b>	<b>687.000</b>	<b>503.000</b>	<b>2.353</b>	<b>2.450</b>	<b>12.447</b>	<b>83.583</b>	<b>3.970</b>	<b>16.417</b>	<b>75.852</b>	<b>3.970</b>	<b>87.667</b>	<b>1949.932</b>	<b>2006.305</b>	<b>3.967</b>	<b>511.761</b>

t = Tehal Benda Uji  
 a = % Aspal Terhadap Campuran  
 b = % Aspal Terhadap Campuran  
 c = Berat Kering Sebelum direndam  
 d = Berat Basah Jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam Air  
 f = Volume (isi), d-e  
 g = Berat isi, c/f  
 h = B.J Maksimum  
 i = (100 - (% Agr/B.J Agregat + % Asp/B.J Asp))  
 j = (b x g) : B.J Asp  
 k = (100 - b) x g : B.J Agregat  
 l = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - I - j)  
 m = Rongga Terhadap Agregat, (100 - j)  
 n = Rongga Terisi Aspal (VFWA)  
 100 x (i/l)

n = Rongga yang Terisi Campuran  
 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan Arloji Stabilitas  
 p = o x Kalibrasi Proving Ring  
 q = p x Koreksi tebal Benda Uji (Stabilitas)  
 r = Flow (Kelelahan Plastis)  
 MQ = Marshall Quotient  
 Suhu Pencampuran = 160 °C  
 Suhu Pemadatan = 140 °C  
 Suhu Waterbath = 60 °C  
 B.J Aspal = 1,049  
 B.J Agregat = 2,6585  
 Kalibrasi Proving Ring = 22,242571

Mengetahui  
 K/Lab Jalan Raya UII  
 Miftahul Fauziah, S.T, M.T, Ph.D

Peneliti,  
 Husnan F.W





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**

JL. Kaliurang KM 14,4 Telp.895042, 895707 Fax (0274)895330 Yogyakarta 55584

Lampiran 23

**IMMERSION TEST ASPAL OPTIMUM ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE + ABU TEMPURUNG KELAPA**

Asal Material : Lab Jalan Raya FTSP UII  
 Jenis Campuran : AC  
 Dikerjakan Oleh : Husnan F.W

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l (%)	m (%)	n (%)	o	p	q (kg)	r (mm)	MQ (Kg/mm)
0,00% A	6.210	5.876	5.550	1180.000	1186.000	683.000	503.000	2.346	2.450	12.412	83.345	4.243	16.655	74.522	4.243	77.000	1712.678	1772.622	3.300	537.158
0,00% B	6.200	5.876	5.550	1178.000	1184.000	678.000	506.000	2.328	2.450	12.317	82.710	4.972	17.290	71.241	4.972	70.000	1556.980	1615.367	3.150	512.815
0,00% C	6.210	5.876	5.550	1184.000	1190.000	685.000	505.000	2.345	2.450	12.404	83.296	4.299	16.704	74.262	4.299	69.000	1534.737	1588.453	3.500	453.844
<b>Rerata</b>	<b>6.207</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1180.667</b>	<b>1186.667</b>	<b>682.000</b>	<b>504.667</b>	<b>2.340</b>	<b>2.450</b>	<b>12.378</b>	<b>83.117</b>	<b>4.505</b>	<b>16.883</b>	<b>73.341</b>	<b>4.505</b>	<b>72.000</b>	<b>1601.468</b>	<b>1688.814</b>	<b>3.317</b>	<b>501.272</b>
3,00% A	6.227	5.876	5.550	1182.000	1188.000	685.000	503.000	2.350	2.450	12.433	83.486	4.081	16.514	75.287	4.081	83.000	1846.133	1903.056	3.000	634.352
3,00% B	6.187	5.876	5.550	1179.000	1188.000	683.000	505.000	2.335	2.450	12.352	82.945	4.703	17.055	72.423	4.703	87.000	1935.104	2014.524	3.200	629.539
3,00% C	6.230	5.876	5.550	1183.000	1190.000	684.000	506.000	2.338	2.450	12.369	83.061	4.569	16.939	73.026	4.569	85.000	1890.619	1947.337	3.800	512.457
<b>Rerata</b>	<b>6.214</b>	<b>5.876</b>	<b>5.550</b>	<b>1181.333</b>	<b>1188.667</b>	<b>684.000</b>	<b>504.667</b>	<b>2.341</b>	<b>2.450</b>	<b>12.385</b>	<b>83.164</b>	<b>4.451</b>	<b>16.836</b>	<b>73.579</b>	<b>4.451</b>	<b>85.000</b>	<b>1890.619</b>	<b>1954.972</b>	<b>3.333</b>	<b>592.116</b>

t = Tebal Benda Uji  
 a = % Aspal Terhadap Campuran  
 b = % Aspal Terhadap Campuran  
 c = Berat Kering Sebelum direndam  
 d = Berat Basah Jenuh (SSD)  
 e = Berat didalam Air  
 f = Volume (isi), d-e  
 g = Berat isi, c/f

h = B.J Maksimum  
 (100 : (% Agr/B.J Agregat + % Asp/B.J Asp))  
 i = (b x g) : B.J Asp  
 j = (100 - b) x g : B.J Agregat  
 k = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - I - j)  
 l = Rongga Terhadap Agregat, (100 - j)  
 m = Rongga Terisi Aspal (VFWA)  
 100 x (l/I)

n = Rongga yang Terisi Campuran  
 100 - (100 x (g/h))  
 o = Pembacaan Arloji Stabilitas  
 p = o x Kalibrasi Proving Ring  
 q = p x Koreksi tebal Benda Uji (Stabilitas)  
 r = Flow (Kelelahan Plastis)  
 MQ = Marshall Quotient

Suhu Pencampuran = 160 °C  
 Suhu Pematatan = 140 °C  
 Suhu Waterbath = 60 °C  
 B.J Aspal = 1,049  
 B.J Agregat = 2,6585  
 Kalibrasi Proving Ring = 22,242571

Mengetahui  
 Ka. Lab Jalan Raya UII  
 Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D  
 Peneliti  
 Husnan F.W