TUGAS AKHIR

PENGARUH RENDAMAN AIR YANG BERSIFAT ASAM TERHADAP KINERJA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (*AC-WC*) DENGAN BAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70

(ACID WATER IMMERSION EFFECT ON THE PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC) WITH PERTAMINA ASPHALT PEN 60/70)

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

Riza Wardhana
12511304

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2017

TUGAS AKHIR

PENGARUH RENDAMAN AIR YANG BERSIFAT ASAM TERHADAP KINERJA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (*AC-WC*) DENGAN BAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70

(ACID WATER IMMERSION EFFECT ON THE PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC) WITH PERTAMINA ASPHALT PEN 60/70)

disusun oleh :

Riza Wardhana
12511304

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 28 April 2017

oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Ir.Bachnas, M.Sc.	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.	Ir.Subarkah, M.T.

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Maret 2017

Yang membuat pernyataan,



Riza Wardhana

(12511304)

iii

DEDIKASI

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan Rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang atas Rahmatnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini, dengan segala ucapan terima kasih saya persembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Bapak Nur Hamid S.Ag dan Almarhum Bapak Drs.Soewarjono, Ibu Sri Dyah Setyorini S.Pd selaku orang tua saya. Chrisanty Setyo Wardhani S.Pd dan Muhammad Khoirussyifa selaku kakak dan adik saya. Terima kasih telah mendukung saya dalam hal apapun, memberikan motivasi, memberikan kasih sayang yang teramat besar.
2. Sahabat-sahabat Kontrakan Ijo, Tahu Enak dan pastinya Teknik Sipil 2012 yang telah bersama-sama berjuang dari semester awal hingga akhir. Terima kasih atas waktu yang baik bersama kalian.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Shubhanallahu wa ta'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Pengaruh Rendaman Air Yang Bersifat Asam Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70.* Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi 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,
2. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D selaku dosen penguji 1 dan Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku dosen penguji 2 dan Kepala Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Sukamto HM dan Bapak Pranoto, selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia,
5. Bapak Wiwin dan Bapak Sani, Selaku karyawan Labolatorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada,
6. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
7. Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dan pada akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan lebih dalam ilmu pengetahuan. Dan Semoga Allah selalu memberikan kekuatan dan kemudahan kepada kita dalam menjalankan ikhtiar di jalan-Nya. Amin.

Yogyakarta, 22 Maret 2017

Penulis,

Riza Wardhana

12511334

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxi
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
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 PERBEDAAN PENELITIAN SEKARANG DENGAN TERDAHULU	7
2.3 HASIL PERBEDAAN DAN PERSAMAAN	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 PERKERASAN LENTUR JALAN	10
3.2 KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL	11
3.3 MATERIAL PENYUSUN PERKERASAN LENTUR	13
3.3.1 Agregat	14

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.3.2 Gradasi Agregat 15
3.3.3 Aspal 16
3.4 LAPIS ASPAL BETON (LASTON) 17
3.5 AIR TANAH 20
3.6 AIR RAWA 20
3.7 KARAKTERISTIK PENGUJIAN MARSHALL 20
3.7.1 Stabilitas 20
3.7.2 Kelelehan (*Flow*) 21
3.7.3 *Marshall Quotient (MQ)* 21
3.7.4 *Void in the Total Mix* (*VITM*) 22
3.7.5 *Void Filled with Asphalt* (*VFWA*) 22
3.7.6 *Void in Mineral Aggregate* (*VMA*) 23
3.7.7 *Kepadatan* (*Density*) 24
3.8 PENGUJIAN PERENDAMAN (*IMMERSION TEST*) 25
3.9 *INDIRECT TENSILE STRENGTH* (*ITS*) *TEST* 26
3.10 PENGUJIAN PERMEABILITAS 26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 28
4.1 METODE PENELITIAN 28
4.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL 28
4.3 METODE PENGAMBILAN DATA 28
4.4 TAHAPAN PENELITIAN 29
4.4.1 Pengujian Air Rawa dan Air Tanah 29
4.4.2 Persiapan dan Pemeriksaan Material 29
4.4.3 Persiapan Alat 31
4.4.4 Perencanaan Campuran 32
4.4.5 Pengujian *Marshall* 37
4.4.6 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) 38
4.4.7 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) 39
4.4.8 Pengujian Permeabilitas 40
4.5 ANALISIS DATA 40
4.6 BAGAN ALIR METODE PENELITIAN 43

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 45
5.1 HASIL PENELITIAN 45
5.1.1 Hasil Pengujian Kualitas Air Rawa dan Air Tanah 45
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal 46
5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat 46
5.1.4 Hasil Perhitungan Variasi Kadar Aspal Optimum (KAO) 47
5.1.5 Hasil Perhitungan Gradasi pada Masing-Masing Variasi Kadar Aspal 47
5.1.6 Hasil Pengujian Marshall Campuran *AC-WC* untuk Menentukan KAO 50
5.2 HASIL PENGUJIAN CAMPURAN AC-WC PADA KAO 51
5.2.1 Hasil Pengujian *Marshall Standard* 51
5.2.2 Hasil Pengujian *Immersion* 52
5.2.3 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength* 52
5.2.4 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* 53
5.2.5 Hasil Pengujian Permeabilitas 54
5.3 PEMBAHASAN 55
5.3.1 Tinjauan Terhadap Kualitas Air Rawa dan Air Tanah 55
5.3.2 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal 55
5.3.3 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar 56
5.3.4 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus 57
5.3.5 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* Untuk Mengetahui Kadar Aspal Optimum 57
5.3.5 Tinjauan Hasil Kadar Aspal Optimum 69
5.3.6 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Durasi Rendaman Air Rawa dan Air Tanah 69
5.3.7 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Immersion Test* 79
5.3.8 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Indirect Tensile Strength Test* 83
5.3.9 Tinjauan Terhadap karakteristik Permeabilitas 84

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 87
6.1 KESIMPULAN 87
6.2 SARAN 88
DAFTAR PUSTAKA 89
LAMPIRAN 92

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 7
Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar 15
Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus 15
Tabel 3.3 Ketentuan-ketentuan Aspal Padat 17
Tabel 3.4 Gradasi Agregat Gabungan Campuran Laston (*AC*) 19
Tabel 3.5 Ketentuan-ketentuan Sifat Campuran Laston (*AC*) 19
Tabel 3.6 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilias 27
Tabel 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *AC-WC* 32
Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5% 34
Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,0% 34
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5% 35
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,0% 35
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5% 36
Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum 36
Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji Pengujian Untuk Tiap Pengujian 37
Tabel 5.1 Kandungan Air Rawa dan Air Tanah 45
Tabel 5.2 Hasil pengujian AC 60/70 46
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar 46
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng 46
Tabel 5.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5 % 48
Tabel 5.6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5 % 48
Tabel 5.7 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5 % 49
Tabel 5.8 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6 % 49
Tabel 5.9 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5 % 50
Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Marshall* pada Aspal Pen 60/70 50
Tabel 5.11 Hasil Pengujian *Marshall Standard* KAO pada Benda Uji Yang Direndam Air Rawa 51

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Marshall Standard* KAO pada Benda Uji Yang Direndam Air Tanah 51
Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Immersion* KAO pada Benda Uji Yang Direndam Air Rawa 52
Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Immersion* KAO pada Benda Uji Yang Direndam Air Tanah 52
Tabel 5.15 Hasil Perbandingan dan Nilai *IRS* yang Terendam Air Rawa 53
Tabel 5.16 Hasil Perbandingan dan Nilai *IRS* yang Terendam Air Tanah 53
Tabel 5.17 Hasil Pengujian *ITS* Pada Sampel yang Terendam Air Rawa 53
Tabel 5.18 Hasil Pengujian *ITS* Pada Sampel yang Terendam Air Tanah 54
Tabel 5.19 Nilai Koefisien Permeabilitas Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* 54
Tabel 5.20 Nilai Stabilitas dengan Variasi Kadar Aspal 58
Tabel 5.21 Nilai *Flow* dengan Variasi Kadar Aspal 60
Tabel 5.22 Nilai *Marshall Quotient* dengan Variasi Kadar Aspal 61
Tabel 5.23 Nilai *VITM* dengan Variasi Kadar Aspal 63
Tabel 5.24 Nilai *VFWA* dengan Variasi Kadar Aspal 65
Tabel 5.25 Nilai *VMA* dengan Variasi Kadar Aspal 66
Tabel 5.26 Nilai *Density* dengan Variasi Kadar Aspal 68
Tabel 5.27 Nilai Stabilitas Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 70
Tabel 5.28 Nilai *Flow* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 71
Tabel 5.29 Nilai *Marshall Quotient* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 72
Tabel 5.30 Nilai *VITM* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 74
Tabel 5.31 Nilai *VFWA* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 75
Tabel 5.32 Nilai *VMA* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 76

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.33 Nilai *Density* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah 78
Tabel 5.34 Nilai Stabilitas Sampel yang Terendam Air Rawa pada Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion* 79
Tabel 5.35 Nilai Stabilitas Sampel yang Terendam Air Tanah Pada Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion* 80
Tabel 5.36 Nilai *Index of Retained Strength* pada Sampel yang Terendam Air Rawa 81
Tabel 5.37 Nilai *Index of Retained Strength* pada Sampel yang Terendam Air Tanah 82
Tabel 5.38 Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength Test* Terhadap Variasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah pada KAO 83
Tabel 5.39 Hasil Pengujian Permebilitas Campuran Aspal *AC-WC* Pada Kadar Aspal Optimum 84

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lapisan Struktur Perkerasan Lentur 17

Gambar 4.1 Skema Perendaman Menerus 39

Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir 43

Gambar 5.1 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan Stabilitas 59

Gambar 5.2 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Flow* 60

Gambar 5.3 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* 62

Gambar 5.4 Grafik Hubungan Persentase Kadar aspal dengan *VITM* 63

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *VFWA* 65

Gambar 5.6 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *VMA* 67

Gambar 5.7 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Density* 68

Gambar 5.8 Kadar Aspal Optimum Campuran *AC-WC* 69

Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Stabilitas dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 70

Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara *Flow* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 71

Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara *Marshall Quotient* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 73

Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara *VITM* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 74

Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara *VFWA* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 75

Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara *VMA* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 77

Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara *Density* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 78

Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion* Terhadap Nilai Stabilitas 80

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Gambar 5.17 Grafik Nilai *Index of Retained Strength* Akibat Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah 82
Gambar 5.18 Hubungan Persentase Variasi Campuran Air Rawa dan Air Tanah dengan *Indcirect Tensile Strength* 83
Gambar 5.19 Presentase Hubungan antara Benda Uji dengan Koefisien Permeabilitas 85

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Penetrasi Aspal 94

Lampiran 2 Pemeriksaan Pemeriksaan Titik Lembek Aspal 95

Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas (*Ductility*) 96

Lampiran 4 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal 97

Lampiran 5 Pemeriksaan Titik Nyala & Bakar Aspal 98

Lampiran 6 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCl4 / *TCE* 99

Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 100

Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 101

Lampiran 9 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Clereng Terhadap Aspal 102

Lampiran 10 Pemeriksaan *Sand Equivalent* 103

Lampiran 11 Pemeriksaan Keausan Agregat Clereng 104

Lampiran 12 Pemeriksaan Analisa Saringan Pada Kadar Aspal Optimum 5.62% 105

Lampiran 13 Pengujian *Marshall Test* KAO Aspal PEN 60/70 106

Lampiran 14 Pengujian *Marshall Test* Aspal PEN 60/70 Air Rawa 107

Lampiran 15 Pengujian *Marshall Test* Aspal PEN 60/70 Air Tanah 108

Lampiran 16 Pengujian *Immersion Test* Aspal PEN 60/70 Air Rawa 109

Lampiran 17 Pengujian *Immersion Test* Aspal PEN 60/70 Air Tanah 110

Lampiran 18 Nilai *Index of Retained Strength* 111

Lampiran 19 Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* Air Rawa 112

Lampiran 20 Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* Air Tanah 113

Lampiran 21 Hasil Pengujian Kualitas Air 114

Lampiran 22 Hasil Pengujian Permeabilitas 115

Lampiran 23 Tabel Konstanta A0 116

Lampiran 24 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal 117

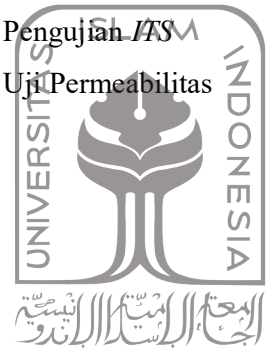
Lampiran 25 Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal 118

Lampiran 26 Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal 119

Lampiran 27 Gambar Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal 120

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 28 Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam *TCE* 121
Lampiran 29 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal 122
Lampiran 30 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 123
Lampiran 31 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 124
Lampiran 32 Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal. 125
Lampiran 33 Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat 126
Lampiran 34 Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent* 127
Lampiran 35 Gambar Alat Pembuatan Sampel 128
Lampiran 36 Gambar Alat Pengujian *Marshall* dan *Immersion* 129
Lampiran 37 Gambar Alat Pengujian *ITS* 130
Lampiran 38 Gambar Alat Uji Permeabilitas 131



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas penampang sampel (cm^2)

a = Persentase aspal terhadap batuan (%)

A_0 = Konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)

AC = *Asphalt Concrete*

AC-WC = *Asphalt Concrete - Wearing Course*

ASTM = *American Society for Testing and Material*

b = Persentase aspal terhadap campuran (%)

c = Berat kering sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh *SSD* (gr)

D = Diameter benda uji (mm)

e = Berat benda uji didalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

g = Berat isi sampel (gr/cc)

h = Tinggi sampel (cm)

h = Berat jenis maksimum teoritis campuran

H = Tinggi benda uji (mm)

i = Persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)

IRS = *Index of Retained Strength*

ITS = *Indirect Tensile Strength Test*

j = Persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)

k = Jumlah kandungan rongga (%)

K = Koefisien permeabilitas (cm/dtk)

KAO = Kadar Aspal Optimum

L = Panjang atau tinggi sampel (cm)

l = Rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)

Laston = Lapisan Aspal Beton

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

m = Rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)

MQ = *Marshall Quotient*

n = Rongga dalam campuran (*VITM*) (%)

o = Nilai pembacaan arloji stabilitas

P = Beban maksimum (N)

P = Tekanan air (kg/cm^2)

p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*

P_a = Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)

Pruntuh = Beban puncak (kg)

P_s = Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%)

q = Stabilitas (kg)

r = *Flow* (mm)

s = Angka koreksi tebal benda uji

S_1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S_2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

SNI = Standar Nasional Indonesia

SSD = *Saturated Surface Dry*

T = Lama waktu rembesan (detik)

t = Tebal benda uji (cm)

TCE = *Trichloroethylene*

V = Volume rembesan (cm^3)

VFWA = *Void Filled with Asphalt*

VITM = *Void in Total Mix*

VMA = *Void in Mineral Aggregate*

γ_{Air} = Berat jenis air ($gram/cm^3$)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

ABSTRAK

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari aktifitas hidup manusia sehari-hari. Jalan raya berperan strategis dalam peningkatan dibidang sosial, ekonomi, budaya, politik, maupun pertahanan dan keamanan. Di Kabupaten Semarang di daerah sekitar rawa pening tepatnya di Desa Rowoboni Kecamatan Banyubiru pada saat musim penghujan, sering terjadi genangan air yang merendam ruas jalan yang disebabkan meluapnya air rawa karena intensitas hujan yang tinggi. Air yang bersifat asam apabila masuk ke dalam struktur perkerasan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi sehingga aspal menjadi rapuh atau getas sehingga kemampuan lekatan aspal dalam mempertahankan ikatan antar agregat baik kohesi maupun adhesinya menjadi lemah (Prabowo,2004). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh rendaman air yang bersifat asam terhadap kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dengan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70.

Pada penelitian ini dilakukan 4 tahap, yaitu tahap pertama pengujian sifat material yang terdiri dari pengujian agregat, aspal dan kualitas air. Tahap kedua adalah menentukan kadar aspal optimum pada campuran aspal *AC-WC*. Tahap ketiga melakukan uji *Marshall*, uji *Immersion*, uji *Indirect Tensile Strength*, uji Permeabilitas,. Tahap keempat adalah melakukan analisis, pembahasan dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil penelitian perendaman campuran *AC-WC* dengan air rawa dan air tawar sampai 96 jam mengakibatkan kinerja campuran *AC-WC* mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada benda uji yang terendam air tanah cenderung lebih rendah dibandingkan dengan benda uji yang terendam air rawa. Nilai *ITS* benda uji yang terendam air tanah sampai perendaman dengan durasi 96 jam cenderung lebih rendah dibandingkan nilai *ITS* benda uji yang terendam air rawa. Nilai *ITS* paling rendah pada benda uji yang terendam air tanah dengan durasi perendaman 96 jam sebesar 18,432 kg/cm^2. Nilai koefisien permeabilitas pada campuran aspal *AC-WC* dengan menggunakan tekanan 1 kg/cm^2 didapatkan nilai 0,00105 cm/detik, sedangkan menggunakan tekanan 2 kg/cm^2, nilai koefisien permeabilitasnya 0,00108 cm/detik. Nilai koefisien permeabilitas campuran *AC-WC* termasuk dalam kategori drainase sedang (*fair drainage*) dengan angka berkisar 1 x 10^{-3} cm/detik. Nilai *IRS* benda uji yang terendam air tanah lebih rendah dibandingkan dengan benda uji yang terendam air rawa. Dibuktikan dengan nilai *IRS* paling rendah pada benda uji yang terendam air tanah dengan durasi perendaman 96 jam sebesar 91,999%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kata kunci : *AC-WC*, Air Rawa, *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, *Index of Retained Strength.*

ABSTRACT

The highway is the transportation infrastructure is critical and can not be separated from the activities of human life. Highways play a strategic role in the improvement of social, economic, cultural, political, and defense and security. In Semarang district in the area around Rowoboni precisely in the Village District of Banyubiru during the rainy season, often stagnant water that inundated roads caused overflow swamp because of high rainfall intensity. Acidic water when entered into asphalt pavement make the asphalt pavement structure is easily oxidized so that the asphalt becomes brittle so the ability in maintaining the coherency asphalt with aggregate both cohesion and adhesion becomes weak (Prabowo, 2004). The purpose of this study to determine the effect of acidic water immersion on performance of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) with connective material pertamina bitumen 60/70 penetration..

In this research, four stages, namely the first stage testing of material properties consists of testing aggregates, asphalt and water quality. The second stage is to determine the optimum asphalt content in asphalt mixture AC-WC. The third phase Marshall test, Immersion test, Indirect Tensile Strength test, Permeability test. The fourth stage is the analysis, discussion and conclusions of the results of the testing that has been done.

Results of research immersion mix AC-WC with swamp water and ground water until 96 hours resulted in a mixture of AC-WC performance down. Value stability of the test specimens is submerged in freshwater tend to be lower than the test specimens are inundated swamp. ITS test value specimens were submerged in ground water with a duration of 96 hours tended to be lower than the value of ITS test specimens were submerged swamp water. ITS lowest value in the test specimen is submerged ground water submersion duration of 96 hours of 18.432 kg / cm^2. The coefficient of permeability of the asphalt mixture AC-WC by using pressure 1 kg / cm^2 obtained the value of 0.00105 cm / sec, while using the pressure of 2 kg / cm^2, permeability coefficient value of 0.00108 cm / sec. Permeability coefficient value of AC-WC included in the category of fair drainage with values ranging from 1 x 10^{-3} cm / sec. IRS value of specimens were submerged in ground water is lower than the specimens are inundated swamp water. Evidenced by the IRS value of the lowest in the test specimen submerged in ground water with a duration of 96 hours immersion at 91.999%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Keywords: *AC-WC, Swamp Water, Marshall, Indirect Tensile Strength, Index of Retained Strength.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari aktifitas hidup manusia sehari-hari. Jalan raya berperan strategis dalam peningkatan di bidang sosial, ekonomi, budaya, politik, maupun pertahanan dan keamanan. Untuk itu, pembangunan konstruksi jalan raya sebagai prasarana transportasi yang tidak hanya aman dan nyaman, akan tetapi kualitas serta fungsi jalan harus diperhatikan dan disesuaikan dengan perkembangan tuntutan lalu lintas harus terpenuhi.

Meninjau kondisi saat ini, banyak jalan-jalan raya di Indonesia yang mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif sangat pendek (kerusakan dini) baik jalan yang baru dibangun maupun jalan yang baru diperbaiki *(overlay)*. Banyak hal yang menyebabkan kerusakan jalan antara lain pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan *(over loading)*, temperatur (cuaca), air, dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Namun, banyak pernyataan yang menyatakan bahwa musuh utama jalan adalah genangan air. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa genangan air menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan konstruksi jalan dengan perkerasan aspal (Prabowo,2004).

Di Kabupaten Semarang di daerah sekitar rawa pening tepatnya di desa Rowoboni Kecamatan Banyubiru pada saat musim penghujan, sering terjadi genangan air yang merendam ruas jalan yang disebabkan meluapnya air rawa karena intensitas hujan yang tinggi. Air rawa mengandung zat organik, humus yang tinggi sehingga pH-nya rendah yang mengakibatkan air rawa bersifat asam (Wicaksono dkk, 2002). Berdasarkan penelitian mengenai kandungan kualitas air di Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY, bahwa air di lingkungan tersebut memiliki nilai pH berkisar 5,71 dimana dapat dikategorikan bersifat asam.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Air yang bersifat asam apabila masuk ke dalam struktur perkerasan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi sehingga aspal menjadi rapuh atau getas sehingga kemampuan lekatan aspal dalam mempertahankan ikatan antar agregat baik kohesi maupun adhesi nya menjadi lemah (Prabowo,2004).

Dari permasalahan diatas, penulis mencoba meneliti pengaruh rendaman air yang bersifat asam terhadap kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dengan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah dengan menggunakan metode *Marshall Test* ?
2. Bagaimana nilai kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah?
3. Bagaimana nilai permeabilitas campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70?
4. Bagaimana nilai durabilitas pada pengujian perendaman campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik Pengujian *Marshall* campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3. Untuk mengetahui nilai permeabilitas campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70.
4. Untuk mengetahui nilai durabilitas pada pengujian perendaman campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah dengan menggunakan metode *Marshall Test*.
2. Mengetahui nilai kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa air rawa dan air tanah.
3. Mengetahui nilai permeabilitas campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70.
4. Mengetahui nilai durabilitas pada pengujian perendaman campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 yang terendam air rawa dan air tanah.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1.5 BATASAN PENELITIAN

Agar penelitian tugas akhir ini berjalan sistematis, maka perlu diberikan batasan-batasan, sebagai berikut.

1. Campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) mengacu spesifikasi Bina Marga (2010).
2. Bahan ikat aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70.
3. Kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%.
4. Agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir yang digunakan diperoleh dari Clereng, Kulon Progo.
5. *Filler* yang digunakan berupa abu batu.
6. Rendaman yang digunakan adalah air rawa yang diperoleh dengan pengambilan sampel air rawa di Rawa Pening, Ambarawa, Kabupaten

Semarang, Jawa Tengah dan air tanah yang ada pada Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY.

7. Parameter kimiawi pada air rawa dan air tawar yang di uji hanya pH, klorida dan sulfat.
8. Penelitian hanya menitik beratkan pada pengaruh kandungan pH air terhadap campuran perkerasan.
9. Tidak membahas mengenai reaksi kimia terhadap aspal.
10. Pengujian karakteristik campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) yang berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan metode Pengujian *Marshall Test, Marshall Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength Test* dan *Permeability Test.*
11. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Laboratorium Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Untuk menghindari terjadinya duplikasi penelitian, maka perlu dilakukan studi pustaka mengenai penelitian sejenis yang berkaitan dengan pengaruh perendaman terhadap campuran beton aspal.

Penelitian yang dilakukan oleh Pranantya (2013), dalam jurnal berjudul "Pengaruh Pemanfaatan BNA Blend 75:25 Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Pada Campuran *HRS-WC*", yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh rendaman air terhadap stabilitas dan durabilitas serta mengetahui pengaruh rendaman air terhadap lapis perkerasan *HRS-WC* dengan BNA Blend 75:25 sebagai bahan ikat. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bila ditinjau dari nilai indeks durabilitasnya, penggunaan aspal pen.60/70 sebagai bahan ikat lapis perkerasan lebih baik dibandingkan dengan penggunaan BNA Blend 75:25 sebagai bahan ikat lapis perkerasan.

Penelitian yang dilakukan oleh Prabowo (2004), dalam jurnal berjudul "Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Lataston (*HRS-WC*) Berdasarkan Uji *Marshall* dan Uji Durabilitas Modifikasi",yang bertujuan untuk melihat korelasi antara kadar keasaman pada air rob terhadap sifat *Marshall* dan durabilitas dari campuran *HRS-WC* pada beberapa variasi lama perendaman. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat keasaman air yang merendam dan semakin lama terendam, maka akan semakin merusak campuran *HRS-WC*.

Pada tahun 2015, Nahyo dkk. meneliti tentang sejauh mana pengaruh genangan air pasang terhadap campuran aspal panas HRS-WC dengan cara merendam benda uji dengan air pasang dalam beberapa variasi waktu rendaman. Dalam jurnal berjudul "Durabilitas Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (*HRS-WC*) Akibat Rendaman Menerus dan Berkala Air Rob" tersebut, dapat disimpulkan bahwa merendam campuran aspal *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

baik secara kontinyu atau berkala di dalam air pasang memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan air laboratorium.

Jurnal penelitian tentang "Perbandingan Lama Rendaman Campuran Aspal *AC-WC* dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar Teradap Karakteristik *Marshall*" oleh Fadil bertujuan untuk untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang terjadi terhadap karakteristik aspal *AC-WC* melalui *Marshall Test* yang di rendam oleh dua jenis zat cair yaitu air laut dan air tawar dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian tersebut yaitu semakin lama campuran aspal baik yang terendam oleh air hujan dan air laut akan berpengaruh pada kinerja perkerasan yang mengakibatkan akan mengalami kehilangan durabilitas atau keawetan dengan bertambahnya lama perendaman. Kehilangan terbesar terjadi pada perendaman air laut dibandingkan dengan air hujan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2.2 PERBANDINGAN PENELITIAN SEKARANG DENGAN TERDAHULU

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Pranantya (2013)	Prabowo (2004)	Nahyo (2015)	Fadil (2014)	Penulis (2017)
1.	Judul	Pengaruh Pemanfaatan Retona Blend 55 Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Pada Campuran *HRS-WC*	Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Terhadap Kinerja Lataston (*HRS-WC*) Berdasarkan Uji *Marshall* dan Uji Durabilitas Modifikasi	Durabilitas Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (*HRS-WC)* Akibat Rendaman Menerus dan Berkala Air Rob	Perbandingan Lama Rendaman Campuran Aspal *AC-WC* dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar Teradap Karakteristik *Marshall*	Pengaruh Rendaman Air Rawa Terhadap Kinerja Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*)Dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70
2.	Jenis Campuran	*HRS-WC*	*HRS-WC*	*HRS-WC*	*AC-WC*	*AC-WC*
3.	Jenis Aspal	BNA Blend 75:25 dan pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70

Sumber : Pranantya (2013), Prabowo (2004), Nahyo (2015), Fadil (2014)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Pranantya (2013)	Prabowo (2004)	Nahyo (2015)	Fadil (2014)	Penulis (2017)
4.	Simulasi Keadaan	Direndam air laboratorium dalam beberapa variasi waktu perendaman	Direndam air laut dalam beberapa variasi waktu perendaman	Direndam air laut dan air laboratorium dalam beberapa variasi waktu perendaman	Direndam air laut dan air hujan dalam beberapa variasi waktu perendaman	Direndam air rawa dan air tawar dalam beberapa variasi waktu perendaman
5.	Hasil	Ditinjau dari nilai indeks durabilitasnya, aspal pen 60/70 lebih baik apabila dibandingkan dengan Retona Blend 55 sebagai bahan ikat lapisan perkerasan	Semakin tinggi tingkat keasaman air yang merendam dan semakin lama terendam, maka akan semakin merusak campuran *HRS-WC.*	Perendaman campuran aspal *HRS-WC* di dalam air pasang memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan air laboratorium.	Campuran aspal *AC-WC* baik yang terendam oleh air hujan dan air laut akan menurun nilai durabilitasnya seiring bertambahnya lama perendaman. Penurunan terbesar terjadi pada perendaman air laut.	

Sumber : Pranantya (2013), Prabowo (2004), Nahyo (2015), Fadil (2014)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2.3 HASIL PERBEDAAN DAN PERSAMAAN

Berikut ini adalah perbedaan dan persamaan penelitian penulis dengan penelitian yang terlebih dahulu.

1. Prabowo (2004), Fadil (2014) dan Nahyo (2015) sama-sama melakukan penelitian tentang pengaruh air laut terhadap campuran beton aspal, yaitu pada campuran *HRS-WC* dan *AC-WC*. Penelitian yang akan diteliti oleh penulis adalah tentang pengaruh rendaman air rawa terhadap kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*).
2. Pranantya (2013) sama-sama meneliti tentang pengaruh rendaman air pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (*HRS-WC*), namun rendaman air yang digunakan adalah air laboratorium dan bahan ikat yang digunakan BNA Blend 75:25 dan aspal pertamina pen 60/70. Hal yang membedakan dengan penelitian yang akan diteliti oleh penulis adalah air yang digunakan penulis untuk perendaman campuran *AC-WC* adalah air rawa dan air tawar.
3. Pengujian yang dilakukan oleh Prabowo (2004) dan Fadil (2014) adalah pengujian *Marshall* dan uji durabilitas modifikasi. Pengujian yang dilakukan oleh Pranantya (2013) adalah pengujian *Marshall* dan pengujian *Indirect Tensile Strength*. Kemudian Pengujian yang dilakukan oleh Nahyo (2015) adalah pengujian *Marshall* dan pengujian perendaman berkala dan menerus. Sedangkan pengujian yang akan dilakukan oleh penulis adalah pengujian *Marshall*, pengujian perendaman, *Indirect Tensile Strength,* dan permeabilitas.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 PERKERASAN LENTUR JALAN

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003).

Berdasarkan bahan pengikatnya, struktur lapisan perkerasan jalan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Konstruksi perkerasan lentur *(flexible pavement)*, yaitu perekerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku *(rigid pavement)*, yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit *(composite pavement)*, yaitu penggabungan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur.

Lapisan perkerasan lentur dibuat berlapis-lapis, lapisan paling atas mempunyai mutu yang lebih baik dari lapisan dibawahnya. Struktur perkerasan lentur dibangun dari beberapa lapisan, antara lain sebagai berikut.

1. Lapisan permukaan *(surface course)*
2. Lapisan pondasi atas *(base course)*
3. Lapisan pondasi bawah *(subbase course)*
4. Lapisan tanah dasar *(subgrade)*

.Fungsi dari lapisan-lapisan tersebut adalah untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya. Material utama dalam

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

lapisan perkerasan jalan adalah agregat yang diikat oleh bahan ikat berupa aspal dan semen untuk membentuk perkerasan kedap air. Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya (Sukirman,2003).

3.2 KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL

Campuran beton aspal panas adalah suatu campuran perkerasan lentur jalan raya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar dapat dengan mudah dicampur dengan baik maka sebelum pencampuran bahan tersebut harus dipanaskan. Beton aspal harus memiliki karakteristik campuran sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi yang didominasi kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya bila perkerasan jalan hanya melayani lalu lintas kendaraan ringan, maka tidak perlu memiliki stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas adalah gesekan internal antar butiran agregat yang saling mengunci dan adanya aspal. Selain itu, kohesi atau gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Daya Tahan (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim (udara, air, dan perubahan temperatur). Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebal selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya dalam campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik dan beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

semakin baik. Namun semakin tebal selimut aspal, maka *bleeding* akan semakin mudah terjadi dan menyebabkan jalan menjadi licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, berarti beton aspal semakin tidak kedap air dan banyak udara yang terjebak di dalam beton aspal. Hal ini menyebabkan selimut aspal akan mudah teroksidasi oleh udara dan menjadi getas, sehingga durabilitasnya menurun.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan aspal menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas atau penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Sifat ini bertolak belakang dengan stabilitas, maka dalam perencanaan kedua sifat ini diusahakan dicapai optimumnya.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan yaitu kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat terjadi jika menggunakan kadar aspal yang tinggi, mempertebal lapis permukaan beton aspal dan memperkecil rongga terhadap campuran.

5. Kekesatan/ Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser adalahkemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas tinggi, yaitu kekasaran permukaan butiran agregat,luas bidang kontak antarbutiran atau bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal selimut aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Agregat yang digunakan tidak saja harus memiliki permukaan kasar, namun juga memiliki daya tahan untuk permukaannya tidak mudah licin akibat repetisi kendaraan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air berarti kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan penglupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran yang dapat mempengaruhi durabilitas lapis pekerasan. Permukaan perkerasan dapat dimungkinkan kedap air dengan cara menggunakan gradasi rapat atau memperbesar kadar aspal agar nilai *void* atau jumlah pori dalam campuran beton aspal kecil.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

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

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

3.3 MATERIAL PENYUSUN PERKERASAN LENTUR

Material yang digunakan dalam campuran perkerasan lentur jalan diantaranya adalah aspal, agregat dan dapat ditambahkan bahan tambah sesuai dengan jenis campuran yang akan digunakan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.3.1 Agregat

Beberapa sifat-sifat yang penting dari agregat yang dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal adalah kekerasan, keawetan (*durability*), tekstur permukaan, kebersihan, penyerapan, adhesi, tahanan gelincir/kekesatan, gradasi dan bentuk ukuran. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

Spesifikasi Umum Bina Marga (2010) membedakan agregat menjadi tiga golongan.

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm). Agregat kasar dapat berasal dari sumber manapun yang memiliki lebih dari satu bidang pecah dan harus bersih, keras, awet, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
2. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm). Agregat halus bisa berasal dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah.
3. Bahan pengisi (*filler*), yaitu bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bahan pengisi untuk campuran beraspal terdiri atas debu batu kapur *(limestone dust)*, kapur padam *(hydrated lime)*, semen atau abu terbang yang sumbernya telah disetujui. *Filler* yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.

Ketentuan agregat kasar dan agregat halus untuk campuran panas beton aspal dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Ketentuan untuk penyerapan air oleh agregat adalah maksimum 3%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin *Los Angeles*	Campuran *AC* Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619:2012	95/90*)
Partikel pipih dan lonjong			*ASTM* D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan no. 200			SNI 02-4142-1996	Maks 2%

Sumber : Bina Marga (2010)

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4468-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI *ASTM* C117:2002	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga (2010)

3.3.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2 inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang

menunjukkan ukuran bukaan, sedangakan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang (Sukirman, 2003).

3.3.3 Aspal

Aspal adalah material perekat berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal berfungsi sebagai pelicin pada saat proses pemadatan, mengisi ruang kosong yang tersisa, dan pada saat suhu pemadatan menurun, aspal akan membeku menjadi pengganjal sehingga agregat diikat dan diganjal pada tempatnya. Jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, aspal dibedakan menjadi aspal padat, aspal cair, dan aspal emulsi. Untuk selanjutnya, yang akan dibahas lebih lanjut hanya mengenai aspal padat.

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat disebut juga sebagai aspal semen (*asphalt cement*). Aspal semen merupakan aspal yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan hingga saat ini. Di Indonesia, aspal pen 60/70 adalah yang umum digunakan sebagai bahan ikat perkerasan lentur jalan.

Menurut *The Asphalt Institute* (1985) dalam Fatmawati (2011), komposisi aspal antara lain sebagai berikut.

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

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Ketentuan untuk aspal padat menurut Spesifikasi Umum Bina Marga (2010) dapat dilihat pada Tabel 3.3.

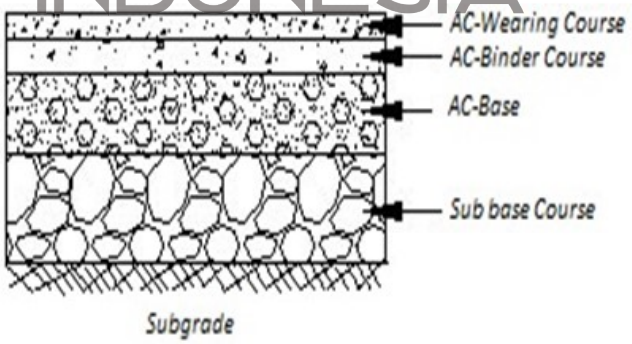
Tabel 3.3 Ketentuan-ketentuan Aspal Padat

Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Aspal Pen. 60/70	Aspal Modifikasi Asbuton
Penetrasi pada 25°C (0.1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min. 50
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 300	≥ 53
Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232
Kelarutan dalam *Trichloroethylene* (%)	*AASHTO* T44-03	≥ 99	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0

Sumber : Bina Marga (2010)

3.4 LAPIS ASPAL BETON (LASTON)

Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) atau *Asphalt Concrete* (*AC*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara *(Binder)* pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya.



Gambar 3.1 Lapisan Struktur Perkerasan Lentur
Sumber : Sukirman (2003)

Berdasarkan fungsinya, laston dapat dibedakan atas 3 macam campuran, antara lain sebagai berikut.

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

AC-WC merupakan lapis permukaan yang langsung berhubungan dengan beban kendaraan yang lewat diatasnya. Sehingga lapisan ini harus mampu mendukung dan menyebarkan beban yang diterima ke lapisan dibawahnya, serta harus kedap air agar dapat melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca. *AC-WC* memiliki sifat antara lain lapisan ini semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat. Tebal minimum untuk *AC-WC* adalah 4 cm.

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

AC-BC memiliki sifat antara lain menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkannya untuk mengurangi tegangan pada lapisan dibawahnya. Tebal minimum untuk *AC-BC* adalah 5 cm.

c. *Asphalt Concrete-Base Course* (*AC-Base*)

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

Salah satu campuran aspal beton yang kini banyak digunakan di Indonesia adalah *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)* / Lapis Aus Aspal Beton. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya, hal tersebut menyebabkan campuran *AC-WC* lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 berikut.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 3.4 Gradasi Agregat Gabungan Campuran Laston (*AC*)

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos		
		Laston (*AC*)		
ASTM	(mm)	*WC*	*BC*	*Base*
1 ½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90 – 100
3/4"	19	100	90 – 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 – 90	66 – 82	52– 71
No. 4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber : Bina Marga (2010)

Tabel 3.5 Ketentuan – ketentuan Sifat Campuran Laston (*AC*)

Sifat – sifat Campuran		Laston		
		WC	*BC*	*Base*
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (*VMA*) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas *Marshall* (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman seleama 24 jam, 60 °C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (*refusal*)	Min	2		

Sumber : Bina Marga (2010)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.5 AIR TANAH

Air tanah yang digunakan sebagai perendam campuran *AC-WC* dalam penelitian ini adalah air tanah yang ada di Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Nilai kandungan kimia air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

3.6 AIR RAWA

Rawa adalah wadah air beserta air dan daya air yang terkandung didalamnya, tergenang secara terus menerus atau musiman, terbentuk secara alami di lahan yang relatif datar atau cekung dengan endapan mineral atau gambut, dan ditumbuhi vegetasi yang merupakan suatu ekosistem (PP 73 Tahun 2013 tentang rawa). Air yang ada di rawa berasal dari air hujan maupun luapan banjir dari sungai-sungai terdekat. Air rawa mengandung zat organik, humus yang tinggi sehingga pH-nya rendah yang mengakibatkan air rawa bersifat asam (Wicaksono dkk, 2002). Air rawa mempunyai suhu rata-rata 25 ℃.

3.7 KARAKTERISTIK PENGUJIAN *MARSHALLL*

Alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN atau 5000 lbf dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau 6,35 cm (Sukirman, 2003). Kinerja suatu campuran beton aspal dapat ditentukan melalui parameter-parameter pengujian *Marshall* yang meliputi beberapa pengujian.

3.7.1 Stabilitas

Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas di lapangan maka sebelum dilakukan pemeriksaan benda uji dipanaskan terlebih dulu selama 30-40 menit dengan suhu 60°C di dalam *water bath*.

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

ring alat dan koreksi ketebalan benda uji dengan bantuan tabel koreksi benda uji. Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan Persamaan 3.1.

$$q = p \text{ x } s \tag{3.1}$$

dengan:

q = angka stabilitas

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

s = angka koreksi tebal benda uji

3.7.2 Kelelehan (*Flow*)

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

Angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas. Biasanya nilai *flow* selalu bersebrangan dengan stabilitas. Nilai *flow* banyak dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, dan pemadatan. Nilai *flow* meningkat seiring dengan peningkatan aspal, sehingga mengurangi gesekan antar agregat yang disebabkan selimut aspal yang lebih tebal.

3.7.3 *Marshall Quotient* (*MQ*)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelehan plastis (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran (Djalante, 2011). Nilai *MQ* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2.

$$MQ = \frac{q}{r} \tag{3.2}$$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

dengan :

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

q = nilai stabilitas (kg)

r = nilai kelelehan plastis/ *flow* (mm)

3.7.4 *Void in the Total Mix* (*VITM*)

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

Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

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

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

dengan:

n = nilai *VITM*

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran

3.7.5 *VFWA* (*Void Filled with Asphalt*)

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

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

mudah teroksidasi sehingga keawetan akan berkurang.

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

Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 sampai 3.9.

1. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \text{ x } 100 \tag{3.5}$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

2. Persentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \text{ x } \frac{i}{l} \tag{3.6}$$

$$i = \frac{b \text{ x } g}{BJ\ Aspal} \tag{3.7}$$

$$l = 100 - j \tag{3.8}$$

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

dengan :

m = *VFWA* (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

b = persentase aspal terhadap campuran

3.7.6 *VMA* (*Void in Mineral Agregate*)

Nilai *VMA* adalah rongga udara antar butiran agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif dinyatakan dalam prosen terhadap campuran. Nilai rongga dalam mineral agregat pada

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

umumnya mengalami penurunan hingga maksimum kemudian meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan 3.11.

$$l = 100 - j \tag{3.10}$$

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

dengan :

l = nilai *VMA* (%)

b = persentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

3.7.7 Kepadatan (*Density*)

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

Nilai *density* dapat diperoleh dari persamaan 3.12 dan 3.13.

$$g = \frac{c}{f} \tag{3.12}$$

$$f = d - e \tag{3.13}$$

dengan :

g = nilai *density* (gr/cc)

c = berat benda uji sebelum direndam (gr)

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

e = berat dalam air (gr)

f = volume / isi (cm^3)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.8 PENGUJIAN PERENDAMAN (*IMMERSION TEST*)

Djalante (2011) mengungkapkan bahwa pengujian *(Immersion Test)* digunakan untuk mengetahui potensi durabilitas campuran beton aspal dengan melihat nilai indeks kekuatan sisa *Marshall* (*Marshall Index of Retained Strength*).

Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut *AASHTO* T.165-74 atau *ASTM D*.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall (Immersion Test)* yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu ± 50° C dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu ± 60° C.

Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa *Marshall* (*Marshall Index of Retained Strength*) adalah perbandingan antara stabilitas *Marshall* benda uji setelah perendaman 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas benda uji campuran standar (S_1) yang dinyatakan dalam persen. Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan terhadap pengaruh air. Seperti tercantum pada persamaan 3.14 di bawah ini.

$$\textit{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \qquad (3.14)$$

dengan :

S_1 = stabilitas standar

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan (≥ 90%), campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.9 *INDIRECT TENSILE STRENGTH (ITS) TEST*

Indirect Tensile Strength Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran beton aspal. Gaya tarik terkadang digunakan untuk mengevaluasi potensi retakan (*fatigue*) pada campuran beton aspal. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan (Sunarjono, 2012). Nilai kuat tarik tidak langsung dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15.

$$ITS = \frac{P\ runtuh}{h} \text{ x } A_0 \tag{3.15}$$

dengan:

ITS = kuat tarik tidak langsung (kg/cm^2)

P runtuh = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

A_0 = konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)

3.10 PENGUJIAN PERMEABILITAS

Permeabilitas merupakan salah satu dari karakteristik campuran aspal. Menurut Mutohar (2002), permeabilitas yaitu kemampuan permukaan perkerasan untuk menahan rembesan air kedalam perkerasan. Pengujian permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan campuran beton aspal dalam mengalirkan air yang menunjukkan persen rongga udara yang terjadi atau untuk mengetahui pengaruh suatu bahan pengisi terhadap kekedapan air di dalam suatu campuran aspal beton. Nilai koefisien permeabilitas dapat di hitung menggunakan Persamaan 3.16.

$$k = \frac{V \text{ x } L \text{ x } \gamma \text{ air}}{P \text{ x } A \text{ x } T} \tag{3.16}$$

dengan :

k = koefisien permeabilitas (cm/detik)

L = tinggi sampel (cm)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

γ air = berat jenis air (kg/cm^3)

P = tekanan air pengujian (kg/cm^2)

A = luas penampang benda uji (cm^2)

T = lama waktu perembesan (detik)

Sifat campuran beton aspal berdasarkan nilai koefisien permeabilitasnya dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas

k (cm/detik)	Permeabilitas
1 x 10^{-8}	*Impervious* (Kedap)
1 x 10^{-6}	*Practically impervious* (Hampir Kedap)
1 x 10^{-4}	*Poor drainage* (Drainasi Jelek)
1 x 10^{-2}	*Fair drainage* (Drainasi Sedang)
1 x 10^{-1}	*Good drainage* (Drainasi Baik)

Sumber : Mullen (1967) dalam Nur'ubay (2010)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melaksanakan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut akan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, kemudian dibandingkan dengan persyaratan atau standar spesifikasi yang digunakan.

Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan *American Association of State Highway and Transport* (*AASHTO*), Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga (2010).

4.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL

Metode pengambilan sampel pada penelitian tugas akhir ini adalah *non-probability sampling*, yaitu jenis sampel tidak dipilih secara acak. *Non-probability sampling* yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu sampel yang diambil berdasarkan tujuan. Perlu diperhatikan dalam penelitian ini bahwa sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditentukan berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan sampel air rawa yang didapatkan dari Rawa Pening, Kabupaten Semarang dan air tanah yang ada di Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY. Aspal yang digunakan adalah Aspal Pertamina Pen 60/70.

4.3 METODE PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan selama pengujian. Untuk mempermudah pengambilan data, maka dilakukan pengelompokan benda uji sehingga didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*, *VITM*, *VMA*, dan *VFWA*, *MQ*, nilai *ITS* dan nilai permeabilitas.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4.4 TAHAPAN PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Tahapan-tahapan penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut.

4.4.1 Pengujian Air Rawa dan Air Tanah

Pengujian air rawa dan air tanah dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkugan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.4.2 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Material yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu aspal dan agregat, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan. Berikut ini adalah pengujian untuk agregat dan aspal.

1. Pengujian Agregat
   a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969 : 2008)

      Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (*SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat kasar.

   b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970 : 2008)

      Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (*SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.

   c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (SNI 06-2439-1991)

      Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap asphal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.

   d. Pengujian analisa saringan, yang bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)

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

f. Pengujian keausan agregat (SNI-2417 : 2008)

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

2. Pengujian Aspal

a. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, apakah aspal termasuk dalam kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*), dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.

b. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991)

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

c. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal dimana aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.

d. Pengujian daktilitas (SNI 06-2432-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.

e. Pengujian kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (*ASTM* D5546)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam Karbon Tetra Klorida.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat dipermukaannya (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

4.4.3 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian fisik agregat, seperti mesin *Los Angeles*, saringan standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent.*
2. Peralatan pengujian fisik aspal, seperti alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar aspal.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. Alat uji *Marshall*
   a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
   b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound).
   c. Arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
   d. Arloji pengukur kelelehan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (200±3)^{o}C.
6. Bak perendam (*Waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20 ^{o}C.
7. *Compactor*, yaitu alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18").
8. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan *digital.*

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

9. *Ejector*, yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
10. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test*
    a. Alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch.
    b. Arloji pengukuran stabilitas.
    c. Arloji pengukur kelelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
11. Satu set alat uji permeabilitas
12. Peralatan penunjang, seperti kompor, wajan, spatula, sarung tangan karet, gelas ukur, panci, kain lap, bak plastik, jangka sorong, termometer, dan lain-lain.

4.4.4 Perencanaan Campuran

Material yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu agregat dan aspal, diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*). Setelah dilakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, selanjutnya adalah penyaringan agregat menggunakan saringan standar. Rencana gradasi agregat campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *AC-WC*

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan
3/4 "	19	mm	100	100	100	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5
Pan			0	0	0	100

Perkiraan kadar aspal optimum rencana dapat dicari setelah menentukan gradasi agregat campuran., menggunakan Persamaan 4.1.

Pb = 0,035 (% CA) + 0,045 (% FA) + 0,18 (% *Filler*) + K (4.1)

Sumber : Depkimpraswil (2002) dalam Sukirman (2003)

dengan :

Pb = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 4

FA = agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 200

Filler = agregat halus lolos saringan No. 200

K = Konstanta (0,5 % - 1,0%)

Pb = 0,035 (% CA) + 0,045 (% FA) + 0,18 (% *Filler*) + K

= 0,035 (39%) + 0,045 (54,5%) + 0,18 (6,5%) + 0,5%

= 5,49%

Dengan menggunakan Persamaan 4.1, maka didapatkan kadar aspal optimum perkiraan adalah 5,49 %. Sehingga pada pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% terhadap berat total campuran. Berat total campuran untuk setiap benda uji adalah 1200 gram.

Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	57,30	57,30
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	131,79	189,09
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	257,85	446,94
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	206,28	653,22
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	143,25	796,47
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	97,41	893,88
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	74,49	968,37
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	57,30	1025,67
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,84	1071,51
Pan			0	0	0	100	74,49	1146,00
							1146	Jumlah

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	57,00	57,00
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	131,10	188,10
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	256,50	444,60
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	205,20	649,80
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	142,50	792,30
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	96,90	889,20
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	74,10	963,30
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	57,00	1020,3
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,60	1065,9
Pan			0	0	0	100	74,10	1140,0
							1140	Jumlah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,70	56,70
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	130,41	187,11
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	255,15	442,26
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	204,12	646,38
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	141,75	788,13
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	96,39	884,52
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	73,71	958,23
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,70	1014,93
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,36	1060,29
Pan			0	0	0	100	73,71	1134,00
							1134	Jumlah

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,40	56,40
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	129,72	186,12
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	253,80	439,92
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	203,04	642,96
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	141,00	783,96
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	95,88	879,84
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	73,32	953,16
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,40	1009,56
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,12	1054,68
Pan			0	0	0	100	73,32	1128,00
							1128	Jumlah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,10	56,10
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	129,03	185,13
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	252,45	437,58
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	201,96	639,54
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	140,25	779,79
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	95,37	875,16
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	72,93	948,09
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,10	1004,19
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	44,88	1049,07
Pan			0	0	0	100	72,93	1122,00
							1122	Jumlah

Rincian jumlah benda uji yang digunakan dalam mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum

Jenis Aspal	Jumlah Benda Uji Pada Tiap Kadar Aspal (buah)				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
Pertamina Pen 60/70	3	3	3	3	3
Jumlah	15				

Jumlah benda uji untuk tiap pengujian setelah didapatkan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Pengujian

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)								
	0 jam	24 jam		48 jam		72 jam		96 jam	
		Air Rawa	Air Tanah	Air Rawa	Air Tanah	Air Rawa	Air Tanah	Air Rawa	Air Tanah
Marshall	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Immersion	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ITS	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah	12	18		18		18		18	
Total	84								

Jadi, total benda uji dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebanyak 99 buah benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan merujuk pada *AASHTO* T-245-74 dan *ASTM* D-1559-62 T.

4.4.5 Pengujian *Marshall*

Mengacu pada *AASHTO* T-245-74 dan *ASTM* D-1559-62 T, langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Ketinggian benda uji diukur pada tiga tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Benda uji direndam ke dalam air selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Benda uji ditimbang didalam air.
7. Permukaan benda uji dilap, kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam ke dalam *water ba*th dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
9. Batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam kepala penekan (*test head*) dibersihkan terlebih dahulu. Lalu batang penuntun dilumasi sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

10. Benda uji dikeluarkan dari *water bath* dan diletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
11. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada penunjuk angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Selama pembebanan berlangsung, tangkai arloji kelelehan ditekan pada segmen atas dari kepala penekan.
12. Kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Kemudian kedudukan jarum arloji tekan diatur pada angka nol.
13. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan pembebanan maksimum yang tercapai stabilitas serta angka pada arloji kelelehan (*flow*) dicatat.
14. Selubung tangkai arloji kelelehan (*sleeve*) dilepaskan setelah nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelehan dicatat.
15. Hasil dianalisis dan dibuat pembahasan.

4.4.6 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) dengan Air Rawa dan Air Tanah

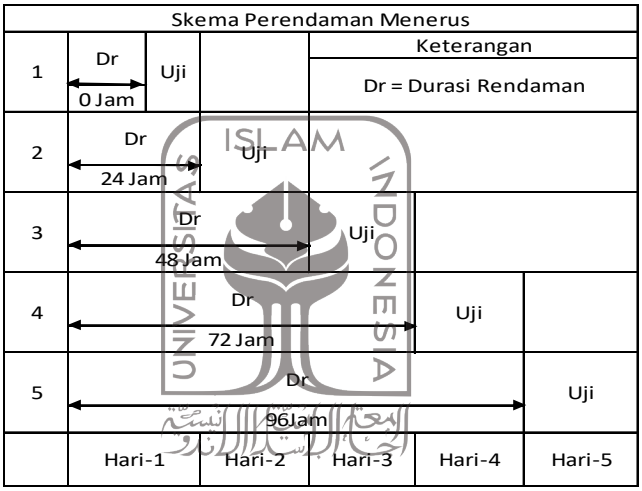
Hal yang membedakan pengujian ini dengan uji *Marshall* standar adalah pada lama perendaman yang dilakukan. Pada uji perendaman *Marshall* ini, benda uji direndam dengan suhu 60°C selama 24 jam. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
2. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Ketinggian benda uji diukur pada tiga tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Benda uji direndam ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh, kemudian ditimbang dalam air.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

7. Permukaan benda uji dilap, kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam ke dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
9. Serangkaian pengujian *Marshall* dilakukan seperti pada sub bab 4.4.5.
10. Hasil dianalisis dan dibuat pembahasan.

Skema perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema Perendaman Menerus

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4.4.7 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Langkah-langkah pengujian *ITS* adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibuat dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel.
3. Benda uji dan suhu ruang pengujian dikondisikan sesuai suhu yang dikehendaki.
4. Benda uji diletakkan pada alat uji *Indirect Tensile Strength*, diberikan pembebanan standar *marshall test* sampai dengan jarum penunjuk *dial tensile stregth* diam dan kemudian berbalik arah.
5. *Dial Indirect Tensile Strength*, deformasi horisontal kanan dan kiri, dan deformasi vertikal pada dial *flow* dibaca.
6. Nilai *dial* dari hasil pengujian didapatkan.
7. Hasil dianalisis dan dibuat pembahasan.

4.4.8 Pengujian Permeabilitas

Langkah-langkah pengujian permeabilitas adalah sebagai berikut.

1. Meletakkan benda uji pada cetakan silinder dari besi tebal,
2. Menutup bagian samping-samping benda uji dengan lilin/malam agar air tidak merembes lewat samping benda uji, kemudian tunggu hingga lilin mengering,
3. Meletakkan penutup cetakan dan memasang pipa air ke penutup cetakan untuk mengalirkan air dari tabung bertekanan kemudian kencangkan ring yang terdapat pada pipa air yang terhubung dengan cetakan.
4. Mengalirkan air dengan tekanan 1 kg/cm^2 hingga air memenuhi tabung dibawahnya pada ketinggian 100 cm,
5. Mencatat waktu sampai air mencapai ketinggian 100 cm,
6. Membuang air pada tabung,
7. Melanjutkan pengujian dengan tekanan air sebesar 2 kg/cm^2 hingga air memenuhi tabung dibawahnya pada ketinggian 100 cm,
8. Mencatat waktu sampai air mencapai ketinggian 100 cm.
9. Hasil dari pengujian dianalisis dan dibuat pembahasan.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4.5 ANALISIS DATA

Berikut ini adalah analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

   Dari pengujian *Marshall*, didapatkan data sebagai berikut.

   a. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
   b. Berat benda uji didalam air (gram).
   c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).
   d. Tebal benda uji.
   e. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
   f. Pembacaan arloji kelelehan *flow* (mm).

Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus-rumus berikut ini.

a. Berat jenis aspal

$$\text{BJ Aspal} = \frac{\text{C - A}}{\text{(B - A)- (D - C)}} \quad (4.2)$$

dengan:

A = berat piknometer dengan penutup (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

b. Berat jenis agregat

$$\text{BJ (Agregat)} = \frac{(A.F1)+ (A.F2)}{100} \quad (4.3)$$

dengan:

A = Persentase agregat kasar

B = Persentase agregat halus

F1 = Berat jenis agregat kasar

F2 = Berat jenis agregat halus

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

c. Nilai-nilai stabilitas (*stability*) menggunakan persamaan 3.1.

d. Kelelehan (*flow*), dibaca dari pembacaan arloji kelelehan.

e. *MQ* (*Marshall Quotient*) menggunakan Persamaan 3.2.

f. *VITM (Void in Mix*) menggunakan Persamaan 3.3 dan Persamaan 3.4.

g. *VFWA (Volume of Void Filled With Asphalt*) menggunakan Persamaan 3.5 sampai Persamaan 3.9.

h. *VMA* (*Void in Mineral Aggregate)* menggunakan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11.

i. Kepadatan (*Density*) menggunakan persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13.

j. Nilai *Immersion Test* kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.14.

2. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.15.

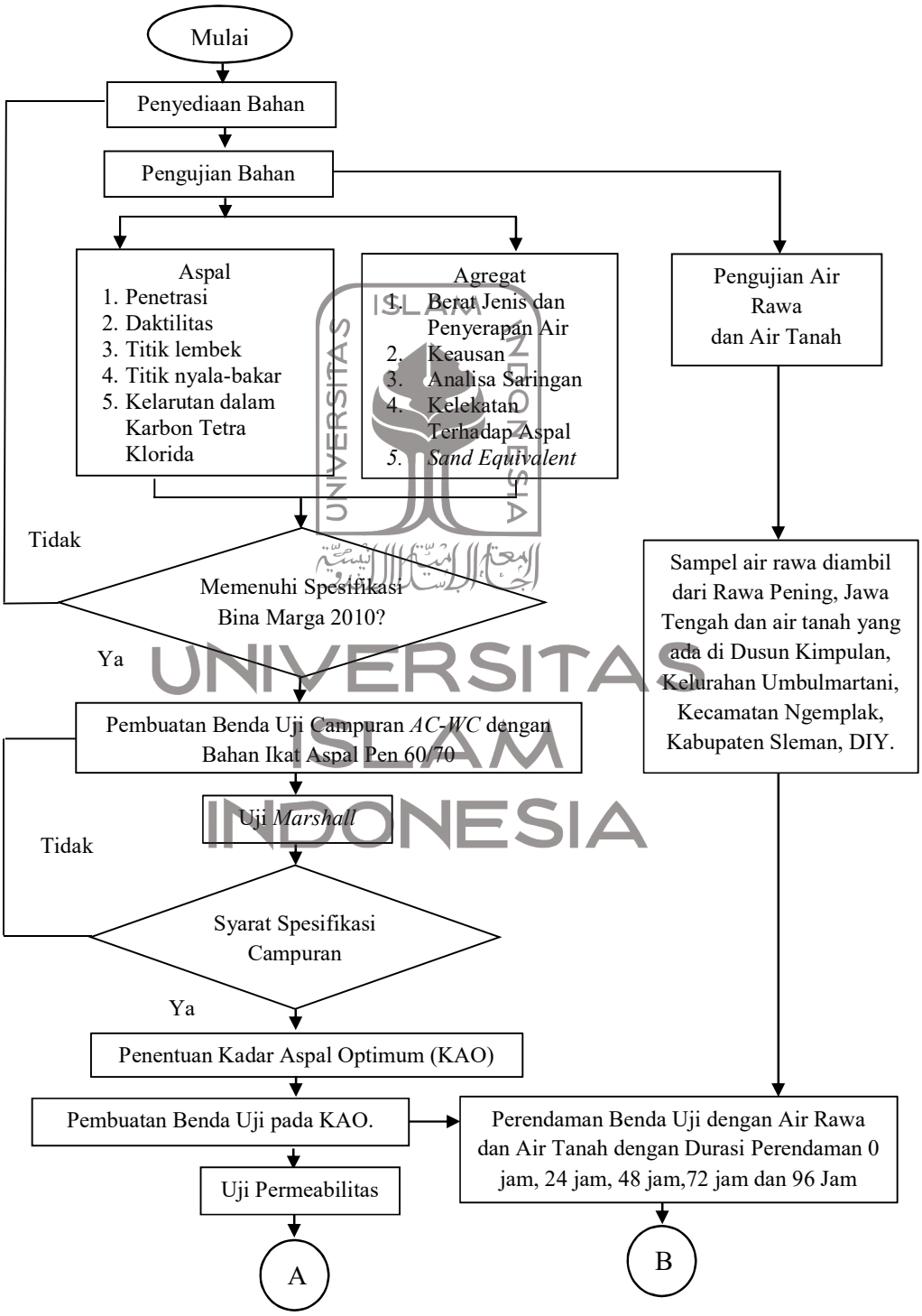
3. Analisis Uji Permeabilitas

Nilai permeabilitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.16.

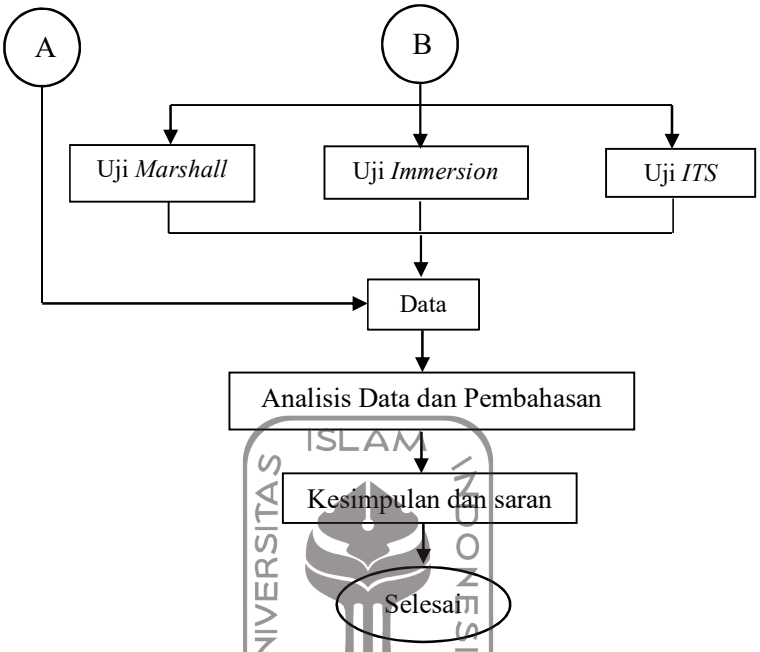
UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

4.6 BAGAN ALIR METODE PENELITIAN

Bagan alir (*flowchart*) adalah gambaran singkat tentang tahapan-tahapan dalam penelitian tugas akhir ini, yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 HASIL PENELITIAN

5.1.1 Hasil Pengujian Kualitas Air Rawa dan Air Tanah

Pengujian kualitas Air Rawa dan Air Tanah dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Air rawa yang digunakan pada penelitian ini adalah air rawa dari Rawa Pening, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Sementara untuk air tanah yang ada di Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar kandungan derajat keasaman atau pH. Adapun hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kandungan Air Tanah dan Air Rawa

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	
			Air Tanah	Air Rawa
1	pH	-	5,71	5,87
2	Klorida (Cl^-)	mg/L	14,1	12,6
3	Sulfat (SO_4)	mg/L	10,5	10

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Material aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Prodi Teknik Sipil, UII, Yogyakarta. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Prodi Teknik Sipil, UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.2 Hasil pengujian Aspal Pertamina AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 1,0	1,075	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	64,5	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	≥100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala (°C)	≥232	325	Memenuhi
5	Kelarutan *TCE* (%)	≥99	99,46	Memenuhi
6	Titik Lembek (°C)	≥48	51,5	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Material Agregat Kasar dan Halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo, DIY. Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Prodi Teknik Sipil, UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) seperti yang tercantum dalam Tabel 5.3 dan Tabel 5.4. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,61	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	2,413	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	98,5	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin *Los Angeles* (%)	< 40	21,32	Memenuhi

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,69	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,729	Memenuhi
3	*Sand Equivalent* (%)	> 50	87,31	Memenuhi

Hasil yang didapatkan dari berbagai macam pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa material agregat baik agregat kasar maupun agregat halus yang digunakan untuk penelitian ini sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga (2010).

Dengan demikian maka material agregat kasar dan halus dapat digunakan sebagai bahan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).*

5.1.4 Hasil Perhitungan Variasi Kadar Aspal Optimum (KAO)

Perkiraan kadar aspal optimum rencana dapat dicari setelah menentukan gradasi agregat campuran., menggunakan Persamaan 4.1.

Pb = 0,035 (% CA) + 0,045 (% FA) + 0,18 (% *Filler*) + K (4.1)

Sumber : Depkimpraswil (2002) dalam Sukirman (2003).

Pb = 0,035 (% CA) + 0,045 (% FA) + 0,18 (% *Filler*) + K
= 0,035 (39%) + 0,045 (54,5%) + 0,18 (6,5%) + 0,5%
= 5,49%

Dari hasil perhitungan diatas, KAO perkiraan didapat 5,49%. Maka, berdasar nilai Pb, variasi kadar aspal yang dipakai untuk mencari kadar aspal optimum adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% terhadap berat total campuran.

5.1.5 Hasil Perhitungan Gradasi pada Masing-Masing Variasi Kadar Aspal

Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	57,30	57,30
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	131,79	189,09
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	257,85	446,94
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	206,28	653,22
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	143,25	796,47
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	97,41	893,88
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	74,49	968,37
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	57,30	1025,67
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,84	1071,51
Pan			0	0	0	100	74,49	1146,00
							1146	Jumlah

Tabel 5.6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	57,00	57,00
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	131,10	188,10
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	256,50	444,60
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	205,20	649,80
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	142,50	792,30
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	96,90	889,20
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	74,10	963,30
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	57,00	1020,30
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,60	1065,90
Pan			0	0	0	100	74,10	1140,00
							1140	Jumlah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.7 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,70	56,70
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	130,41	187,11
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	255,15	442,26
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	204,12	646,38
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	141,75	788,13
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	96,39	884,52
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	73,71	958,23
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,70	1014,93
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,36	1060,29
Pan			0	0	0	100	73,71	1134,00
							1134	Jumlah

Tabel 5.8 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,40	56,40
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	129,72	186,12
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	253,80	439,92
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	203,04	642,96
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	141,00	783,96
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	95,88	879,84
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	73,32	953,16
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,40	1009,56
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	45,12	1054,68
Pan			0	0	0	100	73,32	1128,00
							1128	Jumlah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.9 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5 %

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56,10	56,10
3/8 "	9,5	mm	77	90	83,5	16,5	129,03	185,13
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	252,45	437,58
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	201,96	639,54
No. 16	1,18	mm	21	40	30,5	69,5	140,25	779,79
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	95,37	875,16
No. 50	0,300	mm	9	22	15,5	84,5	72,93	948,09
No. 100	0,150	mm	6	15	10,5	89,5	56,10	1004,19
No. 200	0,075	mm	4	9	6,5	93,5	44,88	1049,07
Pan			0	0	0	100	72,93	1122,00
							1122	Jumlah

5.1.6 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran *AC-WC* untuk Menentukan KAO

Pengujian di Laboratorium Jalan Raya, Prodi Teknik Sipil UII menghasilkan nilai – nilai stabilitas (*stability*), kelelehan (*flow*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in The Total Mix*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*Density*) dari campuran *AC-WC* dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% pada masing-masing jenis aspal. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Marshall* pada Aspal Pen 60/70

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density (gr/cc)*
4,5	1453,30	2,50	599,76	7,72	55,57	17,31	*2,29*
5	1724,15	2,76	627,99	7,37	59,04	17,98	*2,28*
5,5	2018,12	3,04	660,18	4,52	72,58	16,48	*2,34*
6	2474,77	3,45	719,90	2,44	84,47	15,68	*2,37*
6,5	2097,31	3,60	659,44	2,35	86,23	16,60	2,36
Spesifikasi	> 800	2mm-4mm	> 250	3.0 - 5.0	> 65	> 15	>2

5.2 HASIL PENGUJIAN CAMPURAN AC-WC PADA KADAR ASPAL OPTIMUM

Pengujian pada bagian ini adalah pengujian yang ditujukan untuk mengetahui perbandingan sifat dan karakteristik campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dengan aspal Pen 60/70 yang direndam air rawa dan air tanah. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian *Marshall Standard*, pengujian *Immersion,* pengujian *Indirect Tensile Strength*, dan Permeabilitas.

5.2.1 Hasil Pengujian *Marshall Standard*

Hasil Pengujian *Marshall Standard* pada KAO untuk benda uji yang terendam air rawa dan air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.12.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian *Marshall Standard* KAO pada Benda Uji yang Direndam Air Rawa

Durasi Rendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density (gr/cc)*
0	1496,26	3,04	509,17	3,51	77,23	15,83	*2,36*
24	1470,93	3,08	499,61	3,73	76,92	16,09	*2,35*
48	1438,23	3,19	456,15	3,93	75,81	16,20	*2,35*
72	1412,87	3,30	446,88	4,08	75,43	16,33	*2,34*
96	1369,71	3,47	438,54	4,24	74,31	16,47	2,34

Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Marshall Standard* KAO pada Benda Uji yang Direndam Air Tanah

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density (gr/cc)*
0	1496,26	3,04	509,17	3,51	77,23	15,83	*2,36*
24	1415,83	3,20	472,78	3,78	76,62	16,28	*2,35*
48	1382,95	3,27	434,60	4,07	75,48	16,33	*2,34*
72	1351,31	3,34	414,62	4,21	74,48	16,45	*2,34*
96	1306,38	3,49	401,56	4,44	74,11	16,65	2,33

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.2.2 Hasil Pengujian *Immersion*

Hasil Pengujian Immersion KAO pada benda uji yang terendam air rawa dan air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Immersion* KAO pada Benda Uji yang Direndam Air Rawa

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* *(gr/cc)*
0	1461,76	3,11	475,57	3,21	77,15	15,57	*2,37*
24	1412,51	3,19	476,84	3,77	76,68	15,60	*2,35*
48	1364,34	3,27	415,71	4,14	74,80	16,38	*2,34*
72	1320,61	3,39	390,78	4,49	73,16	16,69	*2,33*
96	1273,32	3,50	320,70	5,12	70,77	17,24	2,32

Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Immersion* KAO pada Benda Uji yang Direndam Air Tanah

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* *(gr/cc)*
0	1461,76	3,11	475,57	3,21	77,15	15,57	*2,37*
24	1354,20	3,26	425,01	3,76	76,73	15,85	*2,35*
48	1311,28	3,34	393,27	3,94	75,76	16,21	*2,35*
72	1256,58	3,43	370,75	4,41	73,52	16,62	*2,34*
96	1201,86	3,55	321,01	4,85	71,53	17,00	2,33

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.2.3 Hasil Perhitungan *Index of Retained Strength*

Hasil perbandingan nilai stabilitas pada *Marshall Standard* dan *Marshall* 24 Jam adalah persentase kekuatan yang dihasilkan untuk mengukur durabilitas pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*). Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16.

Tabel 5.15 Hasil Perbandingan dan Nilai *IRS* yang Terendam Air Rawa

Durasi Perendaman (Jam)	Pengujian		*Index of Retained Strength* (%)	Keterangan
	Standard	*Immersion*		
0	1496	1462	97,694	Memenuhi
24	1471	1413	96,028	Memenuhi
48	1438	1364	94,862	Memenuhi
72	1413	1321	93,470	Memenuhi
96	1370	1273	92,963	Memenuhi

Tabel 5.16 Hasil Perbandingan dan Nilai *IR*S yang Terendam Air Tanah

Durasi Perendaman (Jam)	Pengujian		*Index of Retained Strength* (%)	Keterangan
	Standard	*Immersion*		
0	1496	1462	97,485	Memenuhi
24	1415	1354	95,647	Memenuhi
48	1383	1311	94,818	Memenuhi
72	1351	1257	92,990	Memenuhi
96	1306	1202	91,999	Memenuhi

5.2.4 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Hasil pengujian *ITS* pada sampel yang terendam air rawa dan air tanah dapat disajikan pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian *ITS* Pada Sampel yang Terendam Air Rawa

Durasi Perendaman (Jam)	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	*Indirect Tensile Strength* (kg/cm2)
0	5,62	1098,023	10	6,340	0,159	27,452
24	5,62	1007,643	10	6,468	0,159	24,697
48	5,62	933,868	10	6,452	0,159	22,943
72	5,62	851,214	10	6,369	0,159	21,188
96	5,62	767,836	10	6,413	0,159	18,981

Tabel 5.18 Hasil Pengujian *ITS* Pada Sampel yang Terendam Air Tanah

Durasi Perendaman (Jam)	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	*Indirect Tensile Strength* (kg/cm2)
0	5,62	1098,023	10	6,340	0,159	27,452
24	5,62	988,385	10	6,544	0,159	23,942
48	5,62	873,104	10	6,428	0,159	21,532
72	5,62	824,226	10	6,358	0,159	20,550
96	5,62	734,341	10	6,315	0,159	18,432

5.2.5 Hasil Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan di Laboratorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Pada pengujian ini, benda uji diberi tekanan 1-1 dan tekanan 2-2. Tekanan 1-1 adalah tekanan yang diberikan oleh air terhadap permukaan benda uji sebesar 1 kg/cm^2 dan tekanan 2-2 yang dimaksud adalah tekanan yang diberikan oleh air terhadap permukaan benda uji sebesar 2 kg /cm^2. Adapun hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.19 .

Tabel 5.19 Nilai Koefisien Permeabilitas Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course*

Nama Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (cm/detik)		Kategori
	Tekanan 1-1	Tekanan 2-2	
P.A	0,00198	0,00193	Drainasi Sedang
P.B	0,00074	0,00097	
P.C	0,00042	0,00033	
Rata-rata	0,00105	0,00108	

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

5.3 PEMBAHASAN

5.3.1 Tinjauan Terhadap Kualitas Air Rawa dan Air Tanah

Dalam pengujian kualitas air rawa pening dan air tanah di Dusun Kimpulan, Kelurahan Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY pada Tabel 5.1, diperoleh kandungan pH pada air rawa pening sebesar 5,87 dan kandungan pH pada air tanah sebesar 5,71. Sehingga kedua air tersebut bersifat asam karena mempunyai kandungan pH < 7. Air yang bersifat asam apabila masuk ke dalam struktur perkerasan menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga aspal menjadi getas dan akibatnya kemampuan lekatan aspal dalam mempertahankan agregat baik kohesi maupun adhesi nyamenjadi lemah (Prabowo, 2004).

5.3.2 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal.Pada pengujian karakteristik aspal,pengujian yang dilakukan adalah berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam *TCE*, dan titik lembek.

1. Berat Jenis Aspal

   Hasil analisis pengujian aspal penetrasi 60/70, yaitu diperoleh nilai berat jenis aspal menunjukkan nilai sebesar 1,075 gr/cc. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu $\geq$ 1,00.

2. Penetrasi Aspal

   Hasil pengujian penetrasi aspal menunjukkan nilai sebesar 64,5 mm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu antara 60 sampai dengan 70 mm.

3. Daktilitas

   .Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 164 cm. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 100 cm.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

4. Kelarutan dalam *TCE*

   Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* menunjukkan nilai sebesar 99,46. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu sebesar > 99%.

5. Titik Lembek

   Hasil pengujian titik lembek menunjukkan nilai sebesar 51,5°C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 48°.

6. Titik Nyala

   Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 325°C. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 232°C.

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil UII memenuhi persyaratan sehingga layak digunakan sebagai bahan pengujian.

5.3.3 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat kasar Clereng.

1. Berat Jenis Agregat

   Hasil pengujian berat jenis agregat kasar Clereng sebesar 2,61. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 2,5.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

   Hasil pengujian penyerapan agregat kasar Clereng terhadap air sebesar 2,413%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu < 3%.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

   Hasil pengujian kelekatan agregat Clereng terhadap aspal sebesar 98,5%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga (2010) yaitu sebesar > 95%.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

   Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* pada campuran agregat kasar Clereng sebesar 21,32 %. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu < 40%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Hasil pengujian agregat kasar Clereng memenuhi spesifikasi sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

5.3.4 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat halus Clereng.

1. Berat Jenis Agregat

   Pengujian berat jenis agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 2,69. Nilai berat jenis dari agregat halus diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 2,5.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

   Pada pengujian penyerapan agregat halus Clereng terhadap air didapatkan hasil sebesar 1,729%. Nilai penyerapan agregat halus memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu < 3%.

3. *Sand Equivalent*

   Pada pengujian *sand equivalent* dengan campuran agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 87,31 %. Nilai *sand equivalent* pada agregat halus Clereng memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu > 50%,

Hasil pengujian agregat halus sudah memenuhi spesisifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan uji penelitian.

5.3.5 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* Untuk Mengetahui Kadar Aspal Optimum

Karakteristik *Marshall* merupakan parameter yang penting yang sering digunakan pada pengujian campuran aspal. Adapun nilai-nilai yang dapat ditinjau dari hasil pengujian *Marshall* yaitu.

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadinya

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

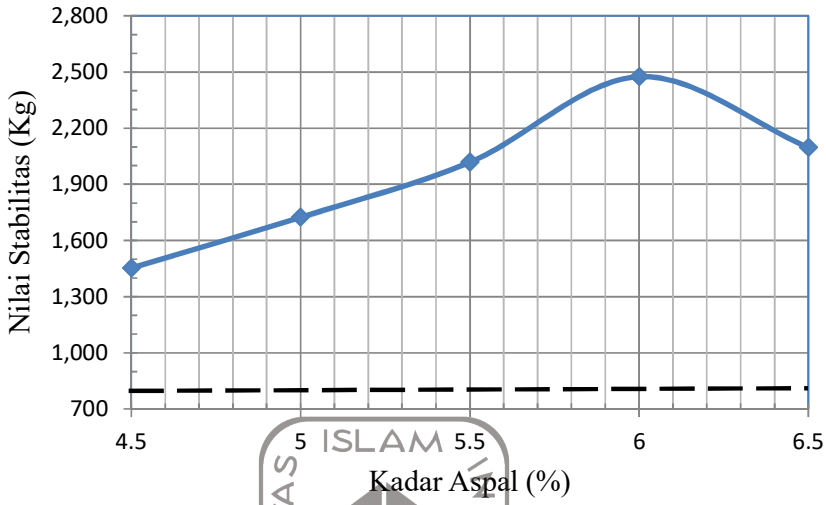
kelelehan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal.

Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hingga stabilitas mencapai batas maksimum selanjutnya penambahan kadar aspal akan menyebabkan turunnya nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga menurunkan gaya saling mengunci antar agregat pada campuran. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga mudah mengalami *rutting,* Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas seperti ditunjukkan pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.1 berikut ini.

Tabel 5.20 Nilai Stabilitas dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)
4,5	1453,302
5	1724,151
5,5	2018,122
6	2474,766
6,5	2097,312
Spesifikasi	> 800

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada masing-masing variasi berada diatas spesifikasi yang disyaratkan yaitu 800 kg. Nilai stabilitas campuran aspal *AC-WC* paling rendah sebesar 1718,65 kg pada kadar aspal 4,5% sedangkan nilai stabilitas paling tinggi pada campuran *AC-WC* sebesar 2542,35 Kg pada kadar aspal 6%. Dari Gambar diatas dapat dilihat juga bahwa pada kadar aspal 4,5%-6% nilai stabilitas mengalami kenaikan sedangkan pada kadar aspal 6,5% stabilitas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh aspal yang semula daya ikatnya kuat terhadap agregat pada perkerasan sampai kadar maksimum, selanjutnya aspal berkurang daya ikatnya terhadap agregat dikarenakan aspal melebihi kadar optimum, aspal terlalu tebal menyelimuti agregat sehingga nilai stabilitas menurun.

2. *Flow*

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

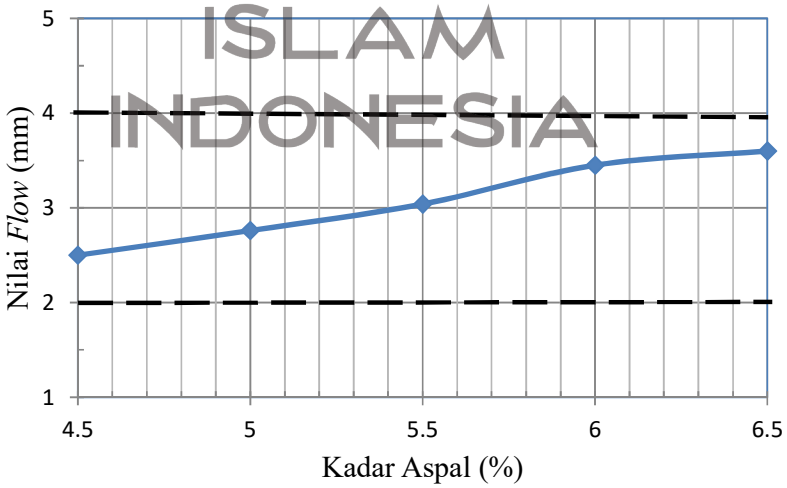
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Campuran yang mempunyai *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperature pemadatan. Menurut Bina Marga (2010), nilai *flow* untuk beton aspal dengan lalu lintas tinggi yaitu 2 - 4mm.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *flow* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.21dan Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 5.21 Nilai *Flow* dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	*Flow* (mm)
4,5	2,50
5	2,76
5,5	3,04
6	3,45
6,5	3,60
Spesifikasi	2mm-4mm



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Persentase Kadar Aspal dengan *Flow.*

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal, nilai *flow* mengalami peningkatan, hal ini disebabkan dengan bertambahnya

kadar aspal, campuran aspal menjadi semakin plastis dan jika menerima beban maka deformasi plastis akan semakin lebih besar.

Dari hasil pengujian dilaboratorium nilai *flow* semua masuk dalam persyaratan yang disyaratkan Bina Marga (2010) yaitu 2mm – 4 mm. Nilai *flow* campuran *AC-WC* yang terendah pada kadar aspal 4,5% sebesar 2 mm dan yang tertinggi pada kadar aspal 6,5% sebesar 3,6 mm.

3. *Marshall Quotient*

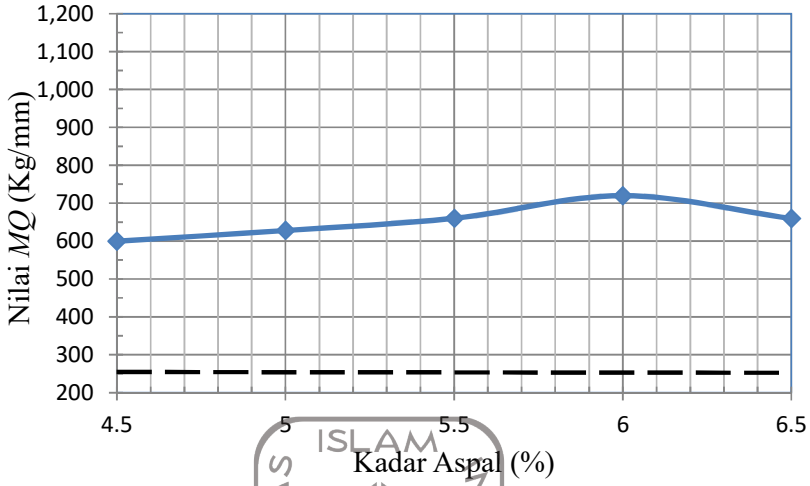
Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Nilai *Marshall Quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi disertai nilai *flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku dang getas.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

Faktor-faktor yang mempengaruhi *Marshall Quotient* adalah stabilitas dan *flow.* Hal ini berarti bahwa nilai *Marshall Quotient* juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan *flow*, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperature pemadatan. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.3 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.22 Nilai *Marshall Quotient* dengan Variasi Kadar Aspal.

Kadar Aspal (%)	*MQ* (kg/mm)
4,5	599,76
5	627,99
5,5	660,18
6	719,90
6,5	659,44
Spesifikasi	> 250



Gambar 5.3 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *Marshall Quotient.*

Pada Gambar 5.3, dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal nilai *Marshall Quotient* akan meningkat dan menurun setelah mencapai batas optimum. Dari hasil pengujian di laboratorium, didapatkan nilai *Marshall Quotient* paling tinggi pada kadar aspal 6% sebesar 719,90 Kg/mm dan nilai paling rendah pada kadar aspal 4,5% sebesar 599,76 Kg/mm. Dari nilai *Marshall Quotient* yang didapat dari pengujian, maka nilai *Marshall Quotient* pada setiap variasi kadar aspal lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan, yaitu > 250 kg/mm, sehingga memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010).

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

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

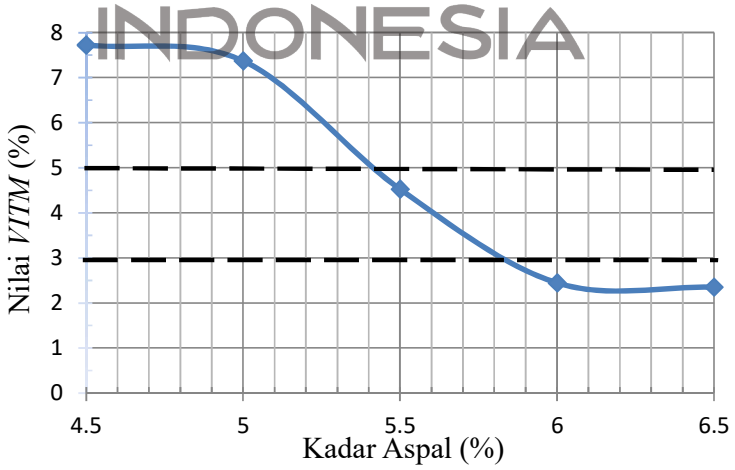
mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak mampu untuk mengikat agregat.

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

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VITM* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.23 dan Gambar 5.4 berikut ini.

Tabel 5.23 Nilai *VITM* dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	*VITM* (%)
4,5	7,72
5	7,37
5,5	4,52
6	2,44
6,5	2,35
Spesifikasi	3.0 - 5.0



Gambar 5.4 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *VITM*.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Berdasarkan Gambar 5.4, dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya kadar aspal pada setiap variasi maka nilai *VITM* mengalami penurunan karena semakin banyak aspal yang ditambahkan kedalam campuran maka semakin sedikit rongga udara dalam campuran aspal sehingga campuran menjadi semakin rapat. Dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa hanya pada kadar aspal 5,5% nilai *VITM* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010). Pada kadar aspal 4,5% dan 5%, menunjukkan bahwa nilai *VITM* tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu 3 – 5 %. Hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran membesar, artinya aspal tidak mampu mengisi lebih banyak rongga – rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih senjang atau rongga menjadi semakin besar.

Sedangkan pada kadar aspal 6% dan 6,5% nilai *VITM* juga tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) hal ini dikarenakan aspal pada campuran terlalu banyak sehingga menyebabkan rongga udara dalam campuran mengecil sehingga campuran menjadi semakin rapat. Pada hasil pengujian tersebut, didapatkan nilai *VITM* paling tinggi pada kadar aspal 4,5% sebesar 7,72% dan nilai paling rendah pada kadar aspal 6,5% sebesar 2,35%.

5. *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai *VFWA* menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFWA* berpengaruh pada kekedapan campuran terhadap keawetan suatu perkerasan. Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperature pemadatan. Menurut Bina Marga (2010) nilai *VFWA* yang disyaratkan yaitu >65%.

Nilai *VFWA* yang besar menunjukkan semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan.

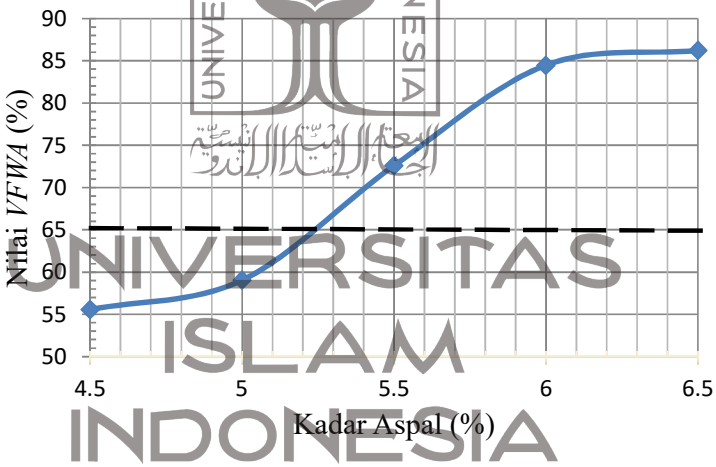
Nilai *VFWA* yang terlalu kecil akan menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan air dan udara yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VFWA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.5 berikut ini.

Tabel 5.24 Nilai *VFWA* dengan Variasi Kadar Aspal.

Kadar Aspal (%)	*VFWA* (%)
4,5	55,57
5	59,04
5,5	72,58
6	84,47
6,5	86,23
Spesifikasi	>65



Gambar 5.5 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *VFWA*.

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa seiring dengan pertambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin bertambah hal ini menandakan bahwa semakin banyak rongga udara yang terisi oleh aspal. Dapat dilihat Pada Gambar 5.5, kadar aspal 4,5% dan 5% nilai *VFWA* tidak memenuhi syarat Bina Marga (2010) yaitu >65%. Hal ini disebabkan aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga menyebabkan sulit untuk mengisi rongga diantara agregat saat proses pemadatan. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal tersebut banyaknya persen rongga yang terisi aspal kecil.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Dari hasil pengujian tersebut, didapatkan nilai *VFWA* dalam campuran paling tinggi pada kadar aspal 6,5% sebesar 86,23% dan nilai *VFWA* paling rendah pada kadar aspal 4,5% sebesar 55,57%.

6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

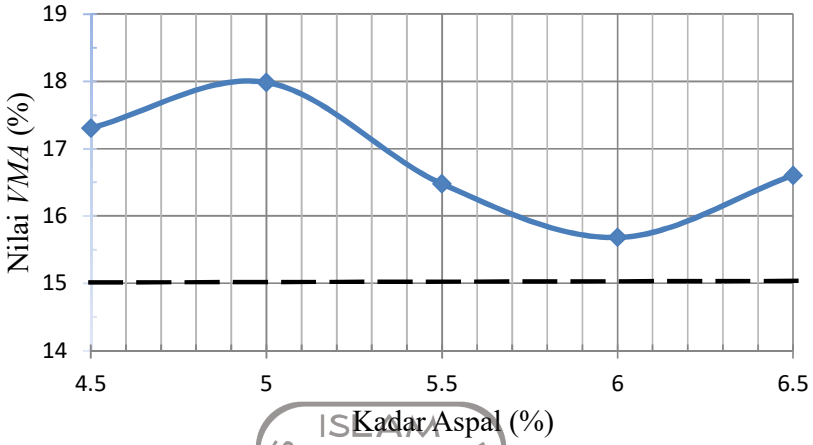
Nilai pori dalam agregat campuran *VMA* menunjukkan banyak pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai *VMA* dapat juga dinyatakan sebagai rongga yang tersedia untuk ditempati volume aspal dan udara yang diperlukan dalam campuran agregat dan aspal.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

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VMA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.6 berikut ini.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.25 Nilai *VMA* dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	*VMA* (%)
4,5	17,31
5	17,98
5,5	16,48
6	15,68
6,5	16,60
Spesifikasi	> 15



Gambar 5.6 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *VMA*.

Pada umumnya nilai *VMA* akan menurun seiring bertambahnya kadar aspal dan meningkat setelah mencapai batas optimum. Dari Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 5% mengalami peningkatan disebabkan waktu proses pencampuran jumlah aspal yang masuk ke dalam rongga-rongga antar agregat masih kurang merata. Selanjutnya pada kadar aspal 5,5% - 6% mengalami penurunan dan nilai *VMA* meningkat setelah mencapai batas optimum. Dari hasil pengujian, didapatkan nilai *VMA* paling rendah pada kadar aspal 6% sebesar 15,68% dan nilai *VMA* paling tinggi pada kadar aspal 5% sebesar 17,98%. Secara keseluruhan nilai *VMA* telah memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu > 15%.

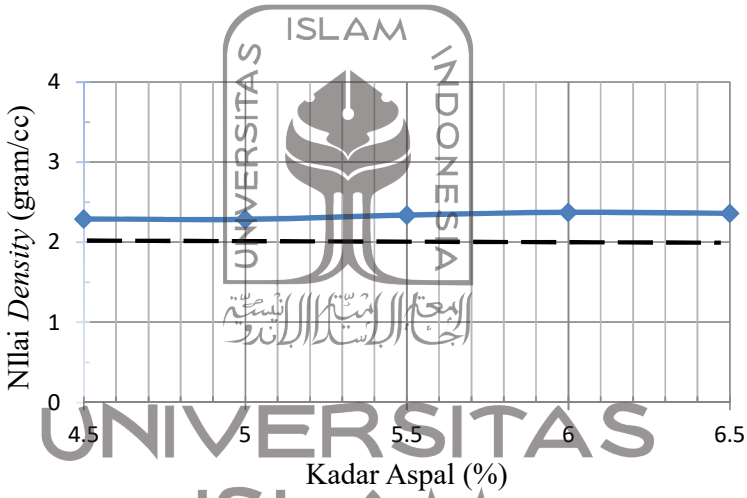
7. *Density* (Kepadatan)

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

Campuran aspal beton dengan nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* rendah. Semakin besar nilai *density,* maka kerapatan semakin baik. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Density* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.26 dan Gambar 5.7 berikut ini.

Tabel 5.26 Nilai *Density* dengan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	*Density* (gr/cc)
4,5	2,29
5	2,28
5,5	2,34
6	2,37
6,5	2,36
Spesifikasi	>2



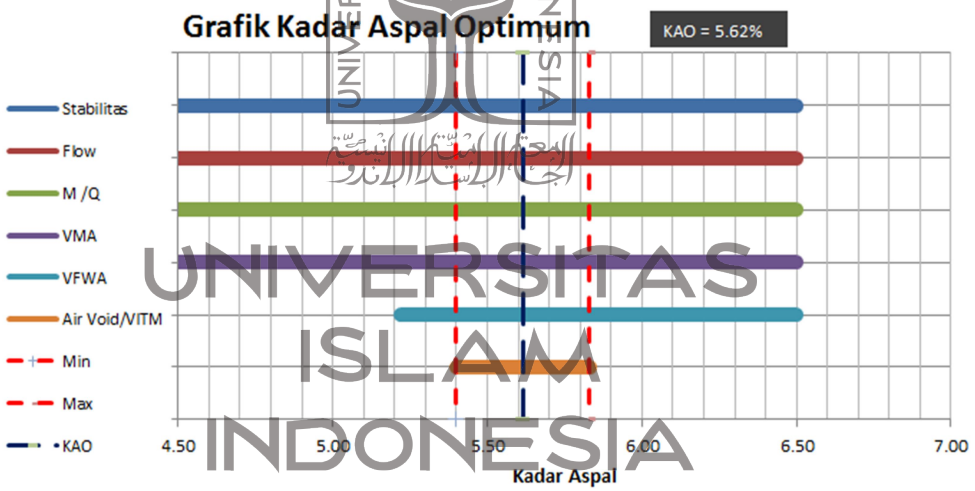
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Gambar 5.7 Grafik hubungan persentase kadar aspal dengan *Density*.

Berdasarkan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai *density* semakin meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Dengan semakin bertambahnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar agregat semakin banyak, sehingga campuran menjadi semakin padat dan rapat. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai density paling tinggi pada kadar aspal 6,5% sebesar 2,36 gr/cc dan nilai density paling rendah pada kadar aspal 4,5% sebesar 2,29 gr/cc.

5.3.6 Tinjauan Hasil Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum adalah suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada campuran aspal, dimana persyaratan karakteristik yang lainnya juga harus dipenuhi, seperti nilai *VITM*, *VMA*, *VFWA*, *Flow* dan sebagainya. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat pada campuran yang diinginkan, tetapi tidak selalu diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai-nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari pengujian *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Hasil penentuan kadar aspal optimum campuran *AC-WC* didapatkan nilai 5,62%. Hasil penentuan nilai kadar aspal optimum campuran *AC-WC* dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hasil Kadar Aspal Optimum Campuran *AC-WC*

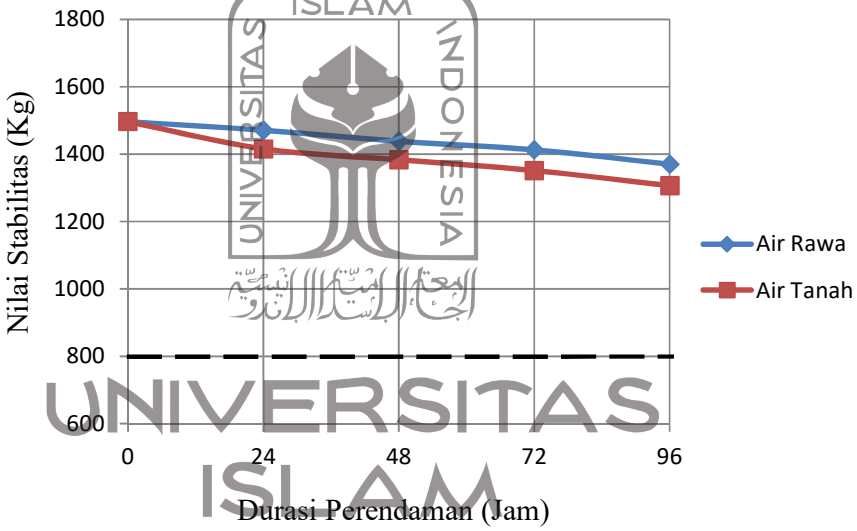
5.3.7 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Durasi Rendaman Air Rawa dan Air Tanah.

1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium diperoleh grafik hubungan antara durasi perendaman dengan nilai stabilitas campuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.27 dan Gambar 5.9 berikut..

Tabel 5.27 Nilai Stabilitas Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	1496,26	1496,26
24	1470,93	1415,83
48	1438,23	1382,95
72	1412,87	1351,31
96	1369,71	1306,38
Spesifikasi	> 800	> 800



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Stabilitas dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Berdasarkan Gambar 5.9 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas ,menurun seiring dengan durasi perendaman. Hal ini disebabkan semakin lama campuran aspal terendam air rawa maupun air tanah, membuat volume benda uji naik, sehingga kerapatan (kohesi maupun adhesi) campuran menjadi berkurang yang berakibat penguncian dan gesekan antar butiran menjadi turun. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai stabilitas pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 1496,26 kg turun sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 1306,38 kg. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan nilai stabilitas pada sampel yang terendam air rawa. Hal ini dikarenakan kandungan asam pada air tanah lebih

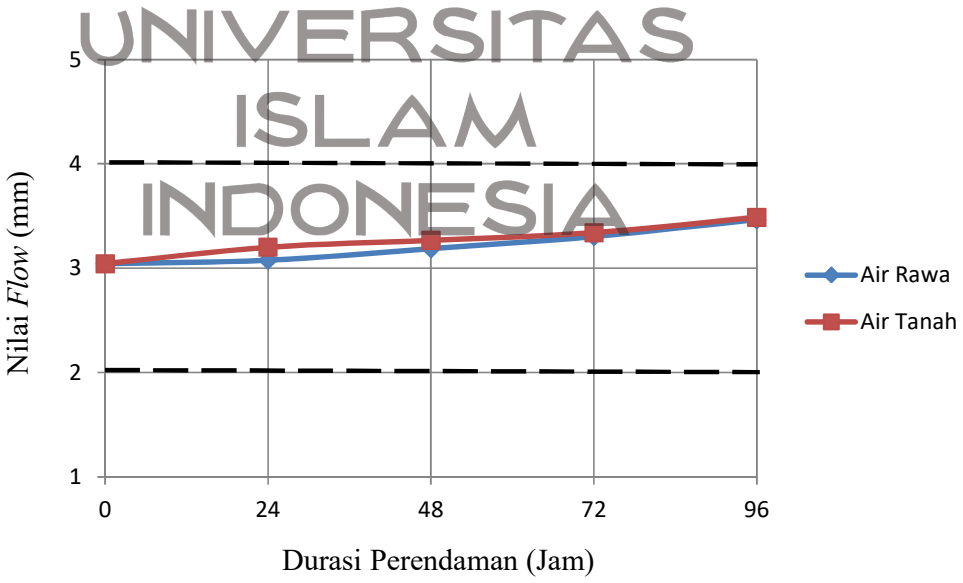
tinggi dibandingkan dengan air rawa sehingga membuat aspal menjadi mudah beroksidasi dan daya ikatnya terhadap agregat menurun. Namun secara keseluruhan nilai stabilitas masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 800 kg.

2. *Flow*

Grafik *flow* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan Gambar 5.10.

Tabel 5.28 Nilai *Flow* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*Flow* (mm)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	3,04	3,04
24	3,08	3,20
48	3,19	3,27
72	3,30	3,34
96	3,47	3,49
Spesifikasi	2mm-4mm	2mm-4mm



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara *Flow* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Pada Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan seiring penambahan durasi perendaman, nilai *flow* semakin meningkat. Hal ini disebabkan air yang masuk kedalam rongga-rongga agregat membuat campuran menjadi plastis sehingga saat ada beban lalu lintas potensi deformasi plastis menjadi lebih besar. Hasil pengujian menunjukan bahwa nilai *flow* pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 3,04 mm naik sampai durasi perendaman 96 jam sebesar 3,49 mm. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan nilai *flow* pada sampel yang terendam air rawa disebabkan karena kandungan asam pada air tanah yang lebih tinggi dibuktikan dengan kandungan pH sebesar 5,71. Secara keseluruhan nilai *flow* masih memenuhi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu 2 – 4 mm.

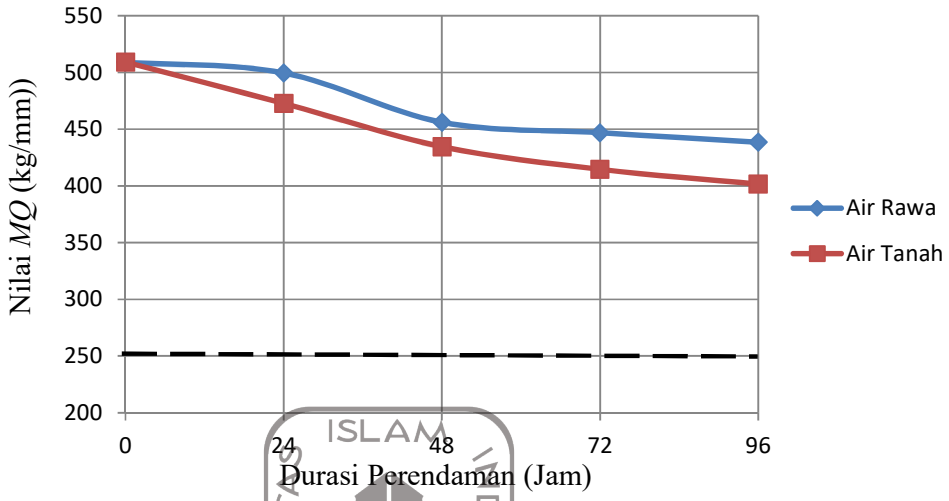
3. *Marshal Quotient*

Grafik *marshall quotient* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan Gambar 5.11.

Tabel 5.29 Nilai *Marshall Quotient* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*Marshall Quotient* (kg/mm)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	509,17	509,17
24	499,61	472,78
48	456,15	434,60
72	446,88	414,62
96	438,54	401,56
Spesifikasi	> 250	> 250

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara *Marshall Quotient* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

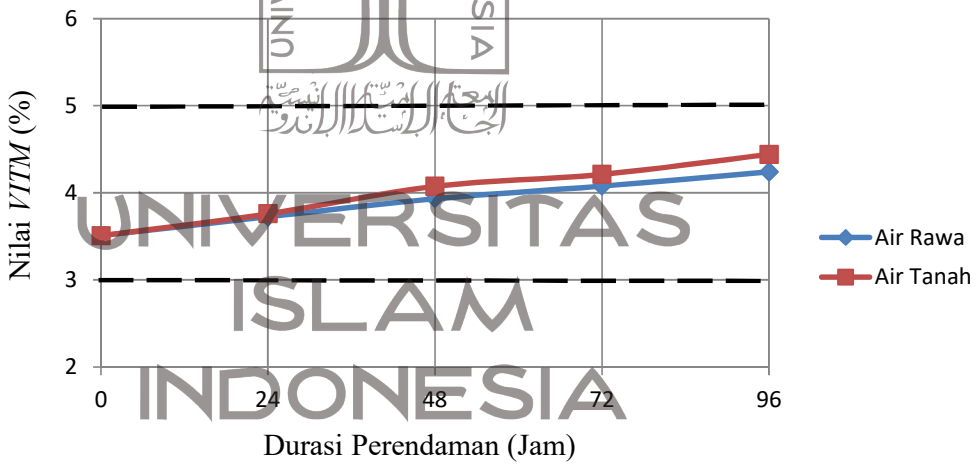
Pada Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa semakin lama durasi perendaman pada sampel mengakibatkan nilai *marshall quotient* menjadi turun. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran aspal terendam oleh air, membuat kerapatan campuran menjadi berkurang. Dari Gambar 5.11 juga dapat dilihat bahwa nilai *marshall quotient* pada sampel yang terendam air tanah dengan durasi 0 jam sebesar 509,17 kg/mm turun sampai durasi rendaman 96 jam menjadi 401,56 kg/mm. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan nilai *marshall quotient* pada sampel yang terendam air rawa. Hal ini disebabkan karena air tanah memiliki kandungan asam yang lebih tinggi dibandingkan air rawa, sehingga membuat kerapatan (adhesi maupun kohesi) campuran yang terendam air tanah menjadi berkurang yang berakibat penguncian dan gesekan antar butiran menjadi turun. Namun secara keseluruhan, nilai *marshall quotient* masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu >250 kg/mm.

4. VITM

Grafik *VITM* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.12.

Tabel 5.30 Nilai *VITM* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*VITM* (%)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	3,51	3,51
24	3,73	3,76
48	3,93	4,07
72	4,08	4,21
96	4,24	4,44
Spesifikasi	3,0 – 5,0	3,0 – 5,0



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara *VITM* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Pada Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa semakin bertambah durasi perendaman maka nilai *VITM* semakin bertambah pula. Hal ini menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran menjadi membesar. Pada Gambar 5.12 menunjukkan nilai *VITM* pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 3,51% naik sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 4,44%. Nilai *VITM* yang terendam air tanah lebih besar dibandingkan nilai *VITM* yang terendam air

rawa, hal ini disebabkan karena air tanah memiliki kandungan asam yang lebih tinggi dibandingkan air rawa, dibuktikan dengan kandungan pH sebesar 5,71. Kandungan asam tersebut membuat kemampuan aspal mempertahankan ikatan antar agregat melemah, akibatnya agregat lepas dari ikatan aspal sehingga membuat rongga udara lebih besar.

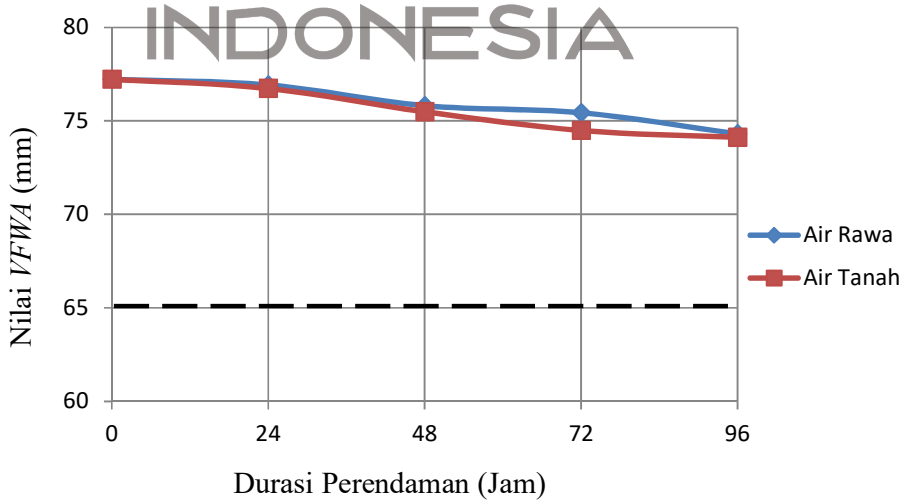
Namun secara keseluruhan nilai *VITM* pada sampel yang terendam air rawa maupun tanah masih memenuhi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu 3%-5%.

5. VFWA

Grafik *VFWA* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabell 5.31 dan Gambar 5.13.

Tabel 5.31 Nilai *VFWA* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*VFWA* (%)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	77,23	77,23
24	76,92	76,73
48	75,81	75,48
72	75,43	74,48
96	74,31	74,11
Spesifikasi	> 65	> 65



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara *VFWA* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Pada Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 77,23% turun sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 74,11%. Nilai *VFWA* yang terendam air tanah lebih rendah dibandingkan nilai *VFWA* pada sampel yang terendam air rawa. Hal ini menunjukkan bahwa rongga udara yang terisi aspal lebih sedikit. Hal ini diakibatkan karena pengaruh kandungan asam pada air tanah yang lebih tinggi sehingga membuat campuran menjadi plastis, membuat aspal melemah daya ikatnya dan aspal berkurang menyelimuti agregat. Namun secara keseluruhan nilai *VFWA* pada sampel yang terendam air tanah maupun air rawa masih memenuhi spesifikasi Binna Marga (2010), yaitu > 65%.

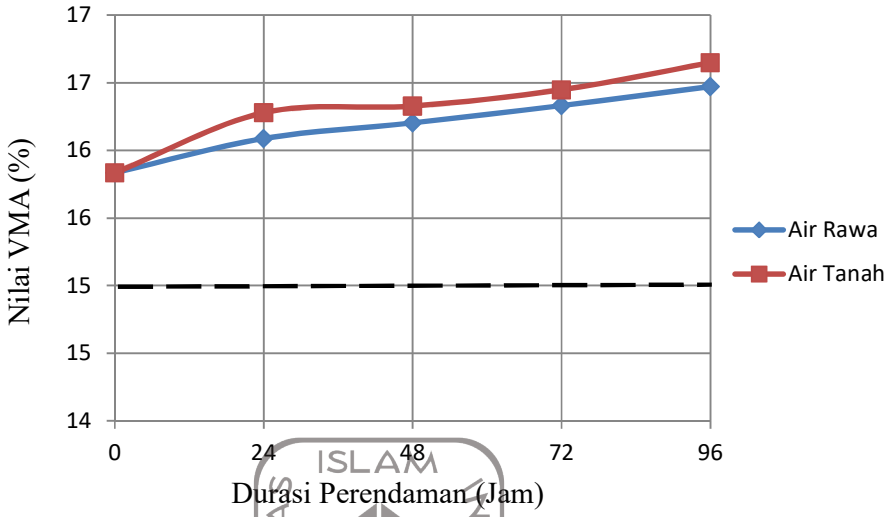
6. VMA

Grafik *VMA* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan Gambar 5.14.

Tabel 5.32 Nilai *VMA* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*VMA* (%)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	15,83	15,83
24	16,09	16,28
48	16,20	16,33
72	16,33	16,45
96	16,47	16,65
Spesifikasi	> 15	> 15

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara *VMA* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa semakin bertambah durasi perendaman maka nilai *VMA* semakin bertambah pula. Hal ini menunjukkan bahwa rongga antar agregat dalam campuran menjadi membesar. Pada Gambar 5.14 menunjukkan nilai *VMA* pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 15,83% naik sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 16,65%. Nilai *VMA* yang terendam air tanah lebih besar dibandingkan nilai *VMA* yang terendam air rawa, hal ini disebabkan karena air tanah memiliki kandungan asam yang lebih tinggi dibandingkan air rawa, dibuktikan dengan kandungan pH sebesar 5,71. Kandungan asam tersebut membuat kemampuan aspal menjadi mudah beroksidasi sehinnga kekuatan untuk mempertahankan ikatan antar agregat melemah, akibatnya agregat lepas dari ikatan aspal sehingga membuat rongga antar agregat menjadi lebih besar. Nilai *VMA* yang besar akan membuat campuran tidak stabil saat dibebani lalu lintas yang pada akhirnya akan mengakibatkan deformasi plastis.

Namun secara keseluruhan nilai *VMA* pada sampel yang terendam air rawa maupun tanah masih memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, yaitu >15%.

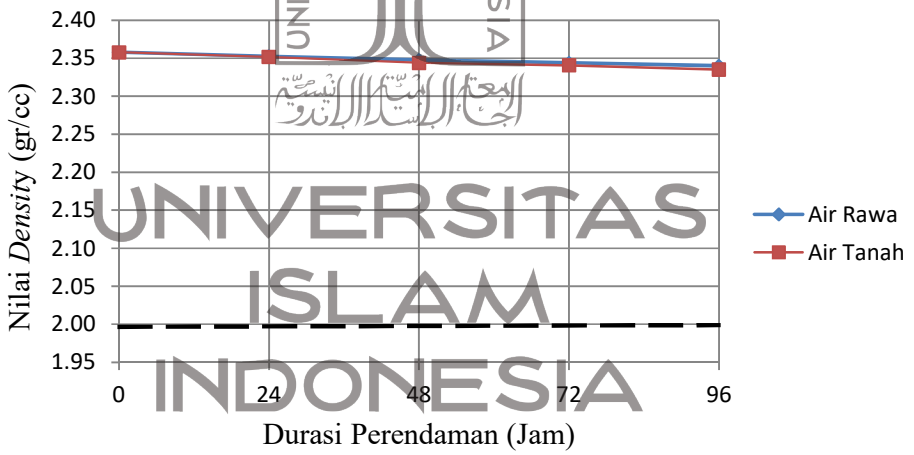
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

7. Density

Grafik *density* dari hasil pengujian di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.33 dan Gambar 5.15.

Tabel 5.33 Nilai *Density* Campuran Aspal yang Terendam Air Rawa dan Air Tanah

Durasi perendaman (Jam)	*Density* (gr/cc)	
	Air Rawa	Air Tanah
0	2,36	2,36
24	2,35	2,35
48	2,35	2,34
72	2,34	2,34
96	2,34	2,33
Spesifikasi	>2	>2



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara *Density* dengan Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa semakin bertambah durasi perendaman maka nilai *density* semakin berkurang. Hasil pengujian menunjukan bahwa nilai *density* pada sampel yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 2,36 gr/cc turun sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 2,33 gr/cc. Nilai *density* pada benda uji yang terendam air tanah lebih cenderung rendah dibandingkan nilai *density* pada benda uji yang terendam air rawa, namun tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena air tanah memiliki kandungan asam

yang lebih tinggi dibandingkan air rawa. Kandungan asam tersebut membuat kemampuan aspal menjadi mudah beroksidasi sehinnga kekuatan untuk mempertahankan ikatan antar agregat melemah, akibatnya agregat lepas dari ikatan aspal sehingga membuat rongga antar agregat dan kepadatan campuran menjadi berkurang. Secara kesuluruhan, nilai *density* pada seluruh variasi durasi perendaman masih memenuhi persyaratan Bina Marga (2010), yaitu > 2 gr/cc.

5.3.8 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Immersion Test*

Uji perendaman (*Immersion*) bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan pengujian *Marshall* hanya saja waktu perendaman dalam *waterbath* dengan suhu kontan 60^0C selama 24 jam.

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai penurunan stabilitas untuk menahan beban pada kondisi banjir. Berdasarkan Bina Marga (2010), nilai indeks perendaman adalah ≥ 90%. Hasil pengujian di laboratorium dan diperoleh nilai indeks tahanan kekuatan dapat dilihat pada Tabel

1. Stabilitas rendaman

Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca, dan air. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam pada sampel yang terendam air rawa dan air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.34, Tabel 5.35 dan Gambar 5.16.

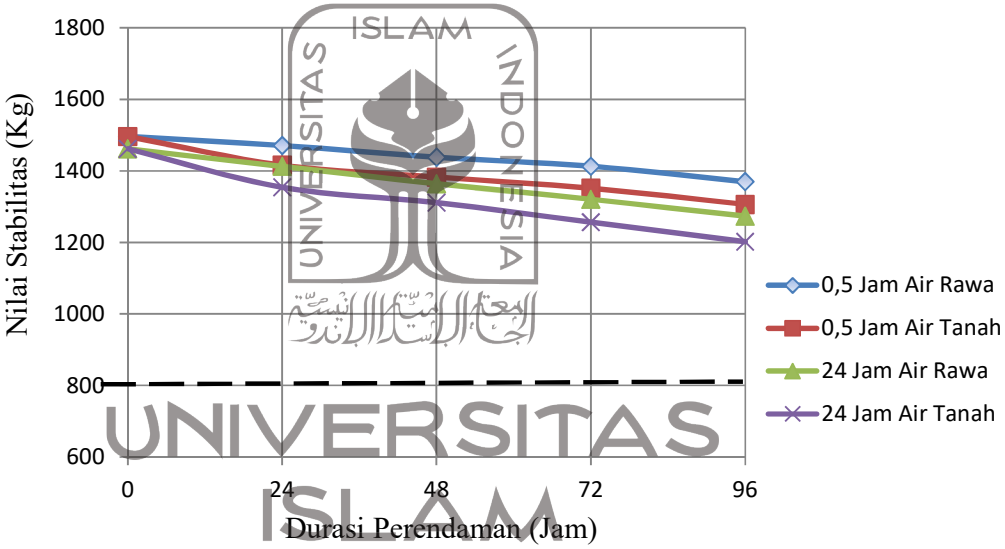
Tabel 5.34 Nilai Stabilitas Sampel yang Terendam Air Rawa pada Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion*

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	
	Standard	*Immersion*
0	1496,26	1461,76
24	1470,93	1412,51
48	1438,23	1364,34
72	1412,87	1320,61
96	1369,71	1273,32

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Tabel 5.35 Nilai Stabilitas Sampel yang Terendam Air Tanah Pada Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion*

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (kg)	
	Standard	*Immersion*
0	1496,26	1461,76
24	1415,83	1354,20
48	1382,95	1311,28
72	1351,31	1256,58
96	1306,38	1201,86



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Pengujian *Marshall standard* 0,5 Jam dan *Pengujian Immersion* 24 Jam Terhadap Nilai Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.16 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 0,5 jam. Hal ini disebabkan proses perendaman yang lebih lama, air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat sehingga stabilitas turun. Sedangkan untuk nilai stabilitas akibat perendaman air tanah lebih rendah dibandingkan nilai stabilitas air rawa disebabkan kandungan asam pada air tanah yang lebih tinggi membuat aspal menjadi mudah beroksidasi sehingga daya ikatnya terhadap agregat berkurang.

2. *Index of Retained Strength*

Index of Retained Strength (indeks ketahanan sisa) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks tahanan ini menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini perendaman diberikan selama 24 jam pada suhu 60^0C. *Index of Retained Strength* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stifness*) campuran beraspal akibat air.

Kriteria minimum untuk nilai *Index of Retained Strength* adalah 90% (Bina Marga 2010). Apabila suatu campuran yang memiliki nilai *Index of Retained strength* $\geq$ 90% berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan oleh kehadiran air.

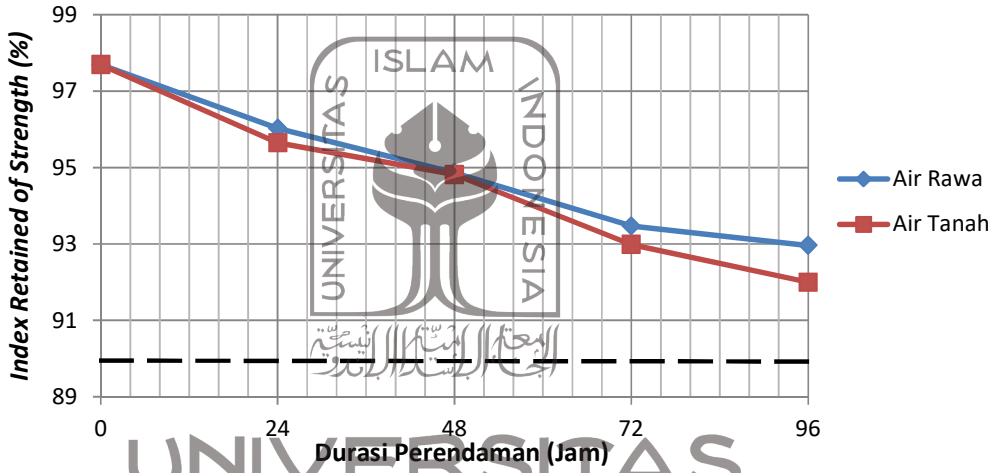
Nilai *Index of Retained Strength* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang direndam selama 30 menit (S1). Nilai *Index of Retained Strength* dapat dilihat pada Tabel 5.36, Tabel 5.37 dan Gambar 5.17.

Tabel 5.36 Nilai *Index of Retained Strength* pada Sampel yang Terendam Air Rawa

Durasi Perendaman (Jam)	Nilai Stabilitas Pengujian *Marshall* (kg)		*Index of Retained Strength* (%)	Keterangan
	Standard	*Immersion*		
0	1496,26	1461,76	97,694	Memenuhi
24	1470,93	1412,51	96,028	Memenuhi
48	1438,23	1364,34	94,862	Memenuhi
72	1412,87	1320,61	93,470	Memenuhi
96	1369,71	1273,32	92,963	Memenuhi

Tabel 5.32 Nilai *Index of Retained Strength* pada Sampel yang Terendam Air Tanah.

Durasi Perendaman (Jam)	Nilai Stabilitas Pengujian *Marshall* (kg)		*Index of Retained Strength* (%)	Keterangan
	Standard	*Immersion*		
0	1496,26	1461,76	97,694	Memenuhi
24	1415,83	1354,20	95,647	Memenuhi
48	1382,95	1311,28	94,818	Memenuhi
72	1351,31	1256,58	92,990	Memenuhi
96	1306,38	1201,86	91,999	Memenuhi



Gambar 5.17 Grafik *Nilai Index of Retained Strength* Akibat Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah

Berdasarkan Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa nilai *Index of Retained Strength* menurun akibat durasi perendaman sampai 96 Jam. Nilai *Index of Retained Strength* pada sampel yang terendam air tanah lebih rendah dibandingkan dengan yang terendam air rawa. Hal ini disebabkan karena kandungan asam pada air tanah yang lebih tinggi. Secara keseluruhan nilai *Index of Retained Strength* masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010), yaitu ≥ 90%. Hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal *AC-WC* yang direndam selama 96 jam baik menggunakan air rawa dengan pH 5,87 dan air tanah dengan pH 5,71 durabilitasnya masih cukup baik.

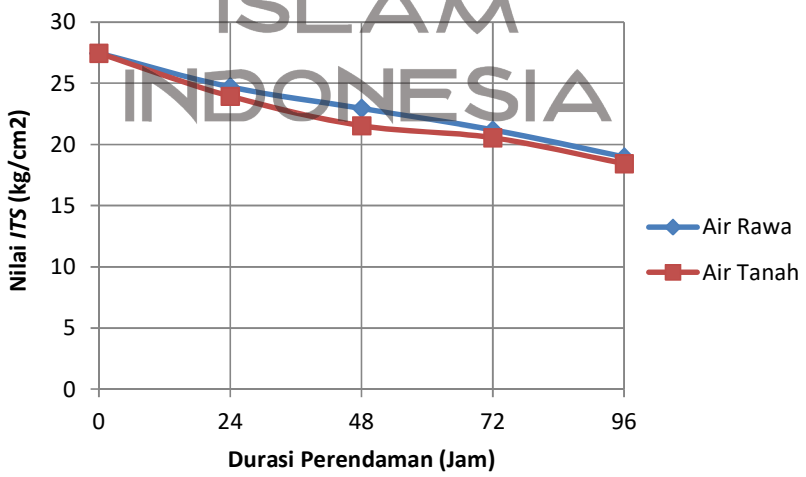
5.3.9 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Indirect Tensile Strength Test*

Indirect Tensile Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Adapun dari hasil pengujian *Indirect Tensile Test* terhadap variasi perendaman air rawa dan air lab dapat dilihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength Test* Terhadap Durasi Perendaman Air Rawa dan Air Tanah pada KAO

Jenis Air	Durasi Perendaman (Jam)	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	*Indirect Tensile Strength* (kg/cm2)
Air Rawa	0	5,62	1098,023	10	6,340	0,159	27,452
	24	5,62	1007,643	10	6,468	0,159	24,697
	48	5,62	933,868	10	6,452	0,159	22,943
	68	5,62	851,214	10	6,369	0,159	21,188
	72	5,62	767,836	10	6,413	0,159	18,981
Air Tanah	0	5,62	1098,023	10	6,293	0,159	27,452
	24	5,62	988,385	10	6,544	0,159	23,942
	48	5,62	873,104	10	6,428	0,159	21,532
	72	5,62	824,226	10	6,358	0,159	20,550
	96	5,62	734,341	10	6,315	0,159	18,432

Adapun hubungan persentase variasi perendaman air rawa dan air tanah *Indirect Tensile Strength* pada KAO ditunjukkan pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Hubungan Durasi Rendaman Air Rawa dan Air Tanah dengan Nilai *Indcirect Tensile Strength*

Berdasarkan Gambar 5.18, hasil penelitian didapatkan bahwa nilai *ITS* semakin menurun akibat durasi perendaman sampai 96 jam. Faktor yang menyebabkan nilai *Indirect Tensile Strength* menurun yaitu kehadiran air yang dapat menurunkan durabilitas aspal karena air dapat melonggarkan ikatan aspal terhadap agregat .

Nilai *ITS* pada benda uji yang terendam air tanah pada durasi 0 jam sebesar 27,452 kg/cm^2 turun sampai durasi perendaman 96 jam menjadi 18,432 kg/cm^2. Nilai tersebut cenderung lebih rendah dibandingkan benda uji yang terendam air rawa. Penurunan kekuatan ini tidak lepas akibat kandungan asam yang terdapat pada air tanah lebih tinggi dibandingkan air rawa sehingga menyebabkan aspal mudah beroksidasi. Hal ini berakibat benda uji mengalami penuaan dan menyebabkan meningkatkatnya nilai kekakuan. Peningkatan kekakuan ini menjadikan campuran beraspal menjadi lebih keras dan getas, sehingga cepat retak dan akan menurunkan keawetannya atau dengan kata lain penurunan kekuatan benda uji yang mengalami penuaan akan lebih besar.

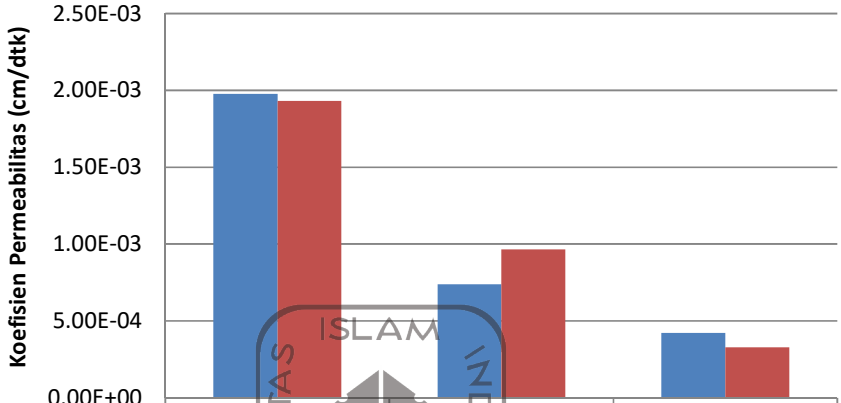
5.3.10 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Permeability Test*

Permeabilitas aspal adalah derajat kerapatan konstruksi campuran aspal untuk dapat ditembus oleh zat cair. Hasil pengujian permeabilitas campuran aspal *AC-WC* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Hasil Pengujian Permeabilitas Campuran Aspal *AC-WC* pada Kadar Aspal Optimum

Nama Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (cm/detik)		Kategori
	Tekanan 1-1	Tekanan 2-2	
P.A	0,00198	0,00193	Drainase Sedang
P.B	0,00074	0,00097	
P.C	0,00042	0,00033	
Rata-rata	0,00105	0,00108	

Adapun hubungan benda uji dengan koefisien permeabilitas pada kadar aspal optimum ditunjukkan pada Gambar 5.19 berikut.



	P.A	P.B	P.C
Tekanan 1-1	1.98E-03	7.38E-04	4.22E-04
Tekanan 2-2	1.93E-03	9.66E-04	3.28E-04

Gambar 5.19 Presentase Hubungan antara Benda Uji dengan Koefisien Permeabilitas

Berdasarkan Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa nilai koefisien permeabilitas tekanan 1-1 dan tekanan 2-2 pada sampel A yaitu cukup besar, namun pada sampel B dan C nilai tekanan permeabilitas tekanan 1-1 dan 2-2 menurun secara signifikan. Hal ini disebabkan pada sampel A rongga didalam benda uji cukup banyak sehingga waktu yang diperlukan air untuk lolos terhadap campuran aspal cukup cepat. Sedangkan pada sampel B dan C rongga pada benda uji sedikit, sehingga membuat air susah lolos terhadap benda uji. Pada pengujian permeabilitas pada campuran *AC-WC* menunjukan bahwa campuran tersebut dapat dikategorikan sebagai drainase sedang baik pada tekanan 1 kg/cm^2 maupun pada tekanan 2 kg/cm^2.

Pada campuran *AC-WC* nilai *VITM* nya terlalu besar , nilai *VITM* yang besar menghasilkan nilai koefisien permeabilitas yang besar, hal ini disebabkan rongga yang besar pada benda uji mudah untuk dilewati oleh air. Agregat dalam campuran juga tidak sepenuhnya terselimuti oleh aspal sehingga nilai koefisien permeabilitas semakin meningkat.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Nilai permeabilitas paling tinggi pada tekanan 1 kg/cm^2 terdapat pada campuran *AC-WC* sampel A yaitu sebesar 0,00198 cm/detik, nilai permeabilitas paling rendah terdapat pada campuran *AC-WC* sampel C yaitu sebesar 0,000422 cm/dtk. Nilai permeabilitas paling tinggi pada tekanan 2 kg/cm^2 terdapat pada campuran *AC-WC* sampel A yaitu sebesar 0,00193 cm/detik, nilai permeabilitas paling rendah terdapat pada campuran *AC-WC* dengan sampel C yaitu sebesar 0,000328 cm/detik.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

BAB VI
SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan pengaruh rendaman air yang bersifat asam terhadap kinerja campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (*AC-WC*) dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil penelitian, perendaman campuran *AC-WC* dengan air rawa dan air tanah dengan durasai perendaman sampai 96 jam mengakibatkan kinerja campuran *AC-WC* mengalami penurunan. Penurunan kinerja campuran *AC-WC* yang terendam air tanah lebih tinggi dibandingkan campuran *AC-WC* yang terendam air rawa.
2. Nilai *Indirect Tensile Strength* benda uji yang terendam air tanah sampai perendaman dengan durasi 96 jam cenderung lebih rendah dibandingkan nilai *Indirect Tensile Strength* benda uji yang terendam air rawa.
3. Nilai koefisien permeabilitas pada campuran aspal *AC-WC* dengan menggunakan tekanan 1 kg/cm^2 didapatkan nilai rata-rata 0,00105 cm/detik, sedangkan menggunakan tekanan 2 kg/cm^2, nilai koefisien permeabilitasnya 0,00108 cm/detik. Dengan demikian, nilai koefisien permeabilitas campuran *AC-WC* termasuk dalam kategori drainase sedang (*fair drainage*) dengan angka berkisar 1 x 10^{-3} cm/detik.
4. Nilai *Index of Retained Strength* benda uji yang terendam air tanah lebih rendah dibandingkan dengan benda uji yang terendam air rawa. Namun, secara keseluruhan setelah direndam sampai durasi 96 jam nilai *Index of Retained Strength* masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu ≥ 90%.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

6.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut.

1 Durasi perendaman lebih diperpanjang agar mengetahui kapan campuran *AC-WC* dapat bertahan didalam air pada kekuatan maksimum.

2 Perlu ditambahkan variasi rendaman air yang bersifat lebih asam agar dapat diketahui penurunan durabilitas akibat pengaruh asam yang lebih tinggi.

3 Pada penelitian ini menggunakan aspal dengan merk dagang AC 60-70 produksi pertamina, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan aspal jenis lain.

4. Lebih diperhatikan lagi pada saat pencampuran agregat dengan aspal dan suhu pemadatan agar didapatkan campuran yang lebih optimum.

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials, (1989), *Marshal Stability Test Apparatus*, *ASTM* designation: D-1559-62 T, Philadelpia, PA.

American Society for Testing and Materials, (1989), *Standard Test Method for Solubility of Asphalt Binders in Toluene by Centrifuge*, *ASTM* designation: D 5546, Philadelpia, PA.

AASHTO, (1990), *Standard Spesification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part I Spesification, 15th, *AASHTO* Publication, Washington.

AASHTO, (1990), *Standard Spesification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part II Spesification, 15th, *AASHTO* Publication, Washington.

AASHTO, (1990), *Worksheet for A Marshall Mix Design*, *AASHTO* Publication, Washington.

Departemen Pekerjaan Umum, (2010), *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (revisi III)*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (2008), *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, SNI: 3423:2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (2008), *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, SNI: 2417:2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (1991), *Metoda pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen*, SNI: 06-2456-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (1991), *Metoda Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*, SNI: 06-2434-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (1991), *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*, SNI: SNI 06-2441-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (1991), *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*, SNI: 06-2432-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (1991), *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Alat. Cleveland Open Cup*, SNI: 06-2433-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (2008), *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, SNI: 1969-2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (2008), *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SNI: 1970-2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, (2008), *Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*, SNI: 06-2439-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Direktorat Pekerjaan Umum, (2006), *Pedoman Pemanfaatan Asbuton*, Penerbit Bina Marga, Jakarta.

Djalante, Susanti, (2011), Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (*AC-BC*) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 Terhadap Air Laut Ditinjau Dari Karakteristik Mekanis Dan Durabilitasnya, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi,* Vol. I No. 1.

Fadil, (2014), Perbandingan Lama Rendaman Campuran Aspal *AC-WC* dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar Terhadap Karakteristik *Marshall, Tugas Akhir*, USU, Medan.

Fatmawati, Siti, (2011), Analisa Sifat Bahan Dasar Pembentuk Campuran Aspal Modifikasi Polimer Akibat Perendaman Air ROB, *Skripsi*, Universitas Indonesia, Depok.

Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, (2013), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 73 Tentang Rawa*, Jakarta.

Mutohar, Yazid, (2002), Pengaruh Penggunaan *Filler Fly Ash* Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (*CEBR)*, *Master Thesis*, Universitas Diponegoro, Semarang.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Nahyo, (2015), Perubahan Karakteristik Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (*HRS-WC*) Berdasarkan Uji *Marshall* Akibat Rendaman Banjir Rob Di Kota Semarang, *Master Thesis*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Nur'ubay, Istiqomah, (2010), Tinjauan Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, dan Permeabilitas Campuran Dingin *Rolled Asphalt* dengan *Rapid Curing Cutback Asphalt* Sebagai *Binder, Skripsi*, UNS, Surakarta.

Prabowo, Agung Hari, (2004), Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (ROB) Terhadap Kinerja Lataston (*HRS-WC*) Berdasarkan Uji *Marshall* dan Uji Durabilitas Modifikasi, *Master Thesis*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Pranantya, Galih, (2013), Pengaruh Pemanfaatan BNA BLEND 75:25 Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Pada Campuran *HRS-WC*, *Master Thesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sukirman, Silvia, (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

Sukirman, Silvia, (2003), *Beton Aspal Campuran Panas,* Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Sunarjono, S. dan Samantha, R., (2012), Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran *SMA* (*Split Mastic Asphalt*) *Grading* 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian *Indirect Tensile Strength*, *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, Surakarta.

Wicaksono dkk, (2002), Pengaruh Unsur – Unsur Kimia Korosif Terhadap Laju Korosi Tulangan Beton di dalam Air Rawa, *Skripsi,* Universitas Indonesia, Depok.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal.

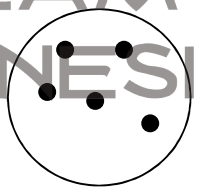
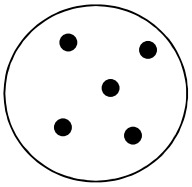
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 ^{O}C	09.05 WIB
	Selesai	130 ^{O}C	09.20 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	25 ^{O}C	09.20 WIB
	Selesai	25 ^{O}C	10.30 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	25 ^{O}C	10.30 WIB
	Selesai	25 ^{O}C	10.50 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	62	68		
2	61	68		
3	60	66		
4	63	67		
5	62	68		
Rata2	61,6	67,4		

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

Lampiran 2. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	23 ^{O}C	09.45 WIB
	Selesai	42 ^{O}C	09.57 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	23 ^{O}C	09.45 WIB
	Selesai	42 ^{O}C	09.57 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	42 ^{O}C	14.57 WIB
	Selesai	42 ^{O}C	14.50 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (^{O}C)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
5	25 ^{O}C				
6	30 ^{O}C	155	155		
7	35 ^{O}C	295	295		
8	40 ^{O}C	441	441	52	51
9	45 ^{O}C				
10	50 ^{O}C				
Rata-rata				51,5	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

Lampiran 3. Pemeriksaan Daktilitas Aspal.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*)

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal dipanaskan	15 menit	Suhu pemanas ± 135 ^{O}C
2	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	Suhu ruang ± 28 ^{O}C
3	Peredaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25 ^{O}C	60 menit	Suhu waterbath ± 25 ^{O}C
4	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25 ^{O}C, kecepatan 5 cm per menit	20 menit	Suhu alat ± 25 ^{O}C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 4. PemeriksaanBerat Jenis Aspal.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer kosong (gr)	13,37	12,35
2	Berat Piknometer +Aquadest (gr)	24,64	24,82
3	Berat Aquadest (2-1) (gr)	11,27	12,47
4	Berat Piknometer + Aspal (gr)	13,72	12,69
5	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,35	0,33
6	Berat Piknometer +Aspal + Aquadest (gr)	24,67	24,84
7	Berat Aquadest (6-4) (gr)	10,95	12,15
8	Volume Aspal (3-7) (gr)	0,32	0,31
9	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1,09	1,06
10	Rata-rata BJ Aspal	1,075	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 5. PemeriksaanTitik Nyala dan Bakar Aspal.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan benda uji		
	Mulai	27 ^{O}C	13.40 WIB
	Selesai	325 ^{O}C	14.10 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	27 ^{O}C	14.10 WIB
	Selesai	27 ^{O}C	14.50 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	100 ^{O}C	14.50 WIB
	Selesai	325 ^{O}C	15.20 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda uji 1	325 ^{O}C	342 ^{O}C

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 6. Kelarutan Aspal dalam *TCE*.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
2	Penimbangan	Mulai	13.00 WIB	26 ^{O}C
3	Pelarutan	Mulai	13.05 WIB	26 ^{O}C
4	Penyaringan	Mulai	13.15 WIB	26 ^{O}C
		Selesai	13.25WIB	26 ^{O}C
5	Di Oven	Mulai	13.25 WIB	100 ^{O}C
6	Penimbangan	Selesai	13.41 WIB	26 ^{O}C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen meyer kosong	76,20 gr	75,27 gr
2	Berat erlen meyer kosong + Aspal	76,22 gr	76,76 gr
3	Berat Aspal (2-1)	2 gr	1,49 gr
4	Berat kertas saring bersih	0,63 gr	60,60 gr
5	Berat kertas saring bersih + mineral	0,65 gr	0,61 gr
6	Berat mineral (5-4)	0,02 gr	0,01 gr
7	Persentase mineral (6/3x100%)	1 gr	0,67 gr
8	Aspal yang larut (100%-7)	99,6 gr	99,33 gr
9	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,46 %	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 7. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	500 gr	500 gr	500 gr
2	Berat Piknometer + air (B)	691 gr	662,77 gr	676,88 gr
3	Berat Piknometer + air + benda uji (BT)	1005 gr	974,81 gr	989,91 gr
4	Berat benda uji kering (BK)	492 gr	491 gr	491,50 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,645	2,612	2,628
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,690	2,660	2,675
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,764	2,744	2,754
8	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK}$ x 100%	1,626 %	1,833%	1,729%

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 8. Berat Jenis Agregat Kasar.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1009,52 gr	1005,86 gr	1007,69 gr
2	Berat benda uji alam air (BA)	615,20 gr	621,14 gr	618,17 gr
3	Berat benda uji dikering oven (BK)	981,85 gr	986,06 gr	983,56 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,49	2,56	2,53
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,56	2,61	2,58
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,68	2,70	2,69
8	Penyerapan air = $\frac{BK}{BK-BA}$ x 100%	2,818 %	2,008 %	2,413 %

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 9. Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT CLERENG TERHADAP ASPAL

Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Pembacaan	
		Suhu	Waktu
1	Mulai pemanasan benda uji	0 ^{O}C	13.40 WIB
2	Selesai pemanasan benda uji	150 ^{O}C	13.50 WIB
3	Mulai didiamkan pada suhu ruang	150 ^{O}C	13.50 WIB
4	Selesai didiamkan pada suhu tuang	26 ^{O}C	15.20 WIB
5	Mulai direndam aquadest	26 ^{O}C	15.20 WIB
6	Selesai direndam aquadest	26 ^{O}C	16.00 WIB

No	Keterangan	% Yang diselimuti aspal
1	Benda uji 1	99%
2	Benda uji 2	98%
3	Rata-rata	98,5%

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

Lampiran 10. Pemeriksaan *Sand Equivalent.*

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan		Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan $CaCl_2$ selama (±10,1 menit)	Mulai	11.33	11.33
		Selesai	11.43	11.43
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan $CaCl_2$)	Mulai	11.43	11.43
		Selesai	11.47	11.47
3	Clay reading (pembacaan lumpur)		4,32 inc	4,5 inc
4	Sand reading (pembacaan pasir)		3,8 inc	3,9 inc
5	Sand equivalent = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}}$ x 100		87,96%	86,67%
6	Rata-rata		87,31 %	
Remark : Kadar Lumpur = 100% - ASE = 100% -87,31 = 12,6%				

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 11. Pemeriksaan Keausan Agregat.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT CLERENG (*ABRASI TEST*)

Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Jenis gradasi Saringan		F Benda uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	I	II
1	72,2 mm (3'')	63,5 mm (2,5'')		
2	63,5 mm (2,5'')	50,8 mm (2'')		
3	50,8 mm (2'')	37,5 mm (1,5'')		
4	37,5 mm (1,5'')	25,4 mm (1'')		
5	25,4 mm (1'')	19 mm (3/4'')		
6	19 mm (3/4'')	12,5 mm (0,5'')	2500 gr	2500 gr
7	12,5 mm (0,5'')	09,5 mm (3/8'')	2500 gr	2500 gr
8	09,5 mm (3/8'')	06,3 mm (1/4'')		
9	06,3 mm (1/4'')	04,75 mm (No. 4)		
10	04,75 mm (No. 4)	02,36 mm (No. 8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4402,19 gr	3465,19 gr
13	KEAUSAN = (A-B)/A X 100		11,95 %	30,69 %
14	Rata-rata keausan		21,32 %	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 12. Pemeriksaan Analisa Saringan Pada KAO.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN PADA KADAR ASPAL OPTIMUM 5.62%

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	mm	0	0	0	0	0	0
1 "	25	mm	0	0	0	0	0	0
3/4 "	19	mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100	95	5	56.63	56.63
3/8 "	9,5	mm	77	90	83.5	16.5	130.24	186.87
No. 4	4,75	mm	53	69	61	39	254.83	441.70
No. 8	2,36	mm	33	53	43	57	203.86	645.56
No. 16	1,18	mm	21	40	30.5	69.5	141.57	787.13
No. 30	0,600	mm	14	30	22	78	96.27	883.40
No. 50	0,300	mm	9	22	15.5	84.5	73.62	957.01
No. 100	0,150	mm	6	15	10.5	89.5	56.63	1013.64
No. 200	0,075	mm	4	9	6.5	93.5	45.30	1058.94
Pan			0	0	0	100	73.62	1132.56
							1132.56	Jumlah

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FR. 5.10/Lap.Uji

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/065/LKL-UII/IX/2016

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :

Nama	:	Riza Wardhana
Alamat	:	Yogyakarta
Nama Sampel	:	Air Permukaan dan Air Bersih
Petugas Pengambil Sampel	:	Bukan Petugas Laboratorium
Jumlah Sampel	:	2 (cair)
Tanggal Penerimaan Sampel	:	2 September 2016
Tanggal Pengujian	:	2 September s.d 20 September 2016
Kode dan Lokasi Sampel		
A. 394	:	Air rawa
A. 395	:	Air Laboratorium

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metode Uji
			A.394	A.395	
1	pH	-	5,87	5,71	SNI 06-6989.11-2004
2	Klorida (Cl^-)	mg/L	12,6	14,1	SNI 6989.19:2009
3	Sulfat (SO_4)	mg/L	10	10,5	SNI 6989.20:2009

Yogyakarta, 23 September 2016
Manajer Teknis

Ludman Hakim, ST, M.Si

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Keterangan :

1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Manajer Teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Sleman Yogyakarta
Telp. (0274) 896440 ext. 3223 Fax. (0274) 895330
http://www.environment.uii.ac.id

LABORATORIUM TRANSPORTASI
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL & LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UGM
Jl. Grafika No. 2 Kampus Universitas Gadjah Mada Yogyakarta 55281 telp. 0274-545675

PENGUJIAN PERMEABILITAS

No.	Kode Benda Uji	%	Tekanan	
			1 : 1	2 : 2
			Waktu (menit/detik)	Waktu (menit/detik)
1.	P.A		43"	22"
2.	P.B		1'50"	42"
3.	P.C		3'11"	2'3"

Yogyakarta, 21 Februari 2017
diperiksa oleh

Sani Primawista, A.Md

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 13. Hasil Pengujian *Marshall* pada KAO.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN *MARSHALL TEST* KAO ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 24 Desember 2016
Tipe Campuran : AC-WC

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r *Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
	64.43	4.71	4.50	1175.55	1179.32	671.44	507.88	2.315	2.481	9.689	83.605	6.706	16.40	59.10	6.71	82	1747.94	0.9483	1657.52	2.20	753.42
4.5	65.68	4.71	4.50	1175.7	1181.60	662.35	519.25	2.264	2.481	9.478	81.785	8.737	18.22	52.03	8.74	64	1364.25	0.9156	1249.08	2.80	446.10
								2.289					**17.31**	**55.57**	**7.72**				**1453.30**	**2.50**	**599.76**
	63.93	5.26	5.00	1170.13	1176.80	665.06	511.74	2.287	2.464	10.635	82.159	7.205	17.84	59.61	7.21	87	1854.52	0.9656	1790.73	3.02	592.96
5	65.71	5.26	5.00	1170.48	1180.68	667.00	513.68	2.279	2.464	10.598	81.873	7.528	18.13	58.47	7.53	85	1811.89	0.9148	1657.58	2.50	663.03
								2.283					**17.98**	**59.04**	**7.37**				**1724.15**	**2.76**	**627.99**
	62.69	5.82	5.50	1162.61	1167.73	671.90	495.83	2.345	2.447	11.997	83.807	4.196	16.19	74.09	4.20	79	1683.99	1.0202	1717.95	2.80	613.55
5.5																					
	62.84	5.82	5.50	1163.63	1166.56	666.90	499.66	2.329	2.447	11.915	83.238	4.847	16.76	71.08	4.85	107	2280.85	1.0164	2318.29	3.28	706.80
								2.337					**16.48**	**72.58**	**4.52**				**2018.12**	**3.04**	**660.18**
6	61.50	6.38	6.00	1150.46	1152.46	665.33	487.13	2.362	2.431	13.182	83.966	2.852	16.03	82.21	2.85	106	2259.53	1.0526	2378.39	3.60	660.66
	61.62	6.38	6.00	1177.63	1179.54	685.07	494.47	2.382	2.431	13.293	84.673	2.034	15.33	86.73	2.03	115	2451.38	1.0489	2571.14	3.30	779.13
								2.372					**15.68**	**84.47**	**2.44**				**2474.77**	**3.45**	**719.90**
	60.58	6.95	6.50	1135.85	1138.84	651.51	487.33	2.331	2.415	14.093	82.425	3.482	17.58	80.19	3.48	79	1683.99	1.0811	1820.64	3.60	505.73
6.5																					
	61.87	6.95	6.50	1164.20	1166.34	678.34	488.00	2.386	2.415	14.425	84.366	1.209	15.63	92.27	1.21	107	2280.85	1.0408	2373.98	3.60	659.44
								2.358					**16.60**	**86.23**	**2.35**				**2097.31**	**3.60**	**659.44**

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 14. Hasil Pengujian *Marshall* yang direndam Air Rawa.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN *MARSHALL TEST* ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 1 Februari 2017
Tipe Campuran : AC-WC
Direndam Air Rawa

Durasi Perendaman	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r *Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
	63.58	5.95	5.62	1174.68	1175.73	675.38	500.35	2.348	2.444	12.274	83.806	3.921	16.19	75.79	3.92	74	1577.41	0.9936	1567.31	3.04	515.56
0 Jam	64.78	5.95	5.62	1180.53	1181.62	681.75	499.87	2.362	2.444	12.347	84.304	3.349	15.70	78.66	3.35	67	1428.20	0.9386	1340.56	3.63	369.30
	61.28	5.95	5.62	1182.7	1183.68	683.38	500.30	2.364	2.444	12.359	84.386	3.255	15.61	79.15	3.25	70	1492.14	1.0595	1580.90	2.46	642.64
								2.358					**15.83**	**77.23**	**3.51**				**1496.26**	**3.04**	**509.17**
	64.41	5.95	5.62	1184.7	1185.83	686.87	498.96	2.374	2.444	12.413	84.756	2.831	15.24	81.43	2.83	75	1598.73	0.9487	1516.75	3.11	487.70
24 Jam	65.90	5.95	5.62	1199.3	1201.35	685.98	515.37	2.327	2.444	12.166	83.069	4.766	16.93	71.85	4.77	70	1492.14	0.9100	1357.85	3.75	362.09
	66.22	5.95	5.62	1182.95	1183.76	681.66	502.10	2.356	2.444	12.317	84.102	3.581	15.90	77.47	3.58	80	1705.31	0.9020	1538.19	2.37	649.02
								2.352					**16.09**	**76.92**	**3.73**				**1470.93**	**3.08**	**499.61**
	63.37	5.95	5.62	1178.7	1180.69	682.13	498.56	2.364	2.444	12.360	84.395	3.246	15.61	79.20	3.25	74	1577.41	1.0104	1593.81	2.98	534.84
48 Jam	64.94	5.95	5.62	1168.56	1171.17	672.86	498.31	2.345	2.444	12.260	83.710	4.030	16.29	75.26	4.03	69	1470.83	0.9343	1374.15	3.60	381.71
	65.14	5.95	5.62	1170.1	1175.87	674.33	501.52	2.333	2.444	12.197	83.284	4.518	16.72	72.97	4.52	68	1449.51	0.9291	1346.72	2.98	451.92
								2.347					**16.20**	**75.81**	**3.93**				**1438.23**	**3.19**	**456.15**
	65.16	5.95	5.62	1192.24	1194.65	689.63	505.02	2.361	2.444	12.342	84.272	3.386	15.73	78.47	3.39	72	1534.78	0.9284	1424.91	2.95	483.02
72 Jam	64.86	5.95	5.62	1191.85	1195.29	692.55	502.74	2.371	2.444	12.394	84.627	2.980	15.37	80.62	2.98	80	1705.31	0.9365	1596.94	2.84	562.30
	63.44	5.95	5.62	1180.97	1185.91	672.48	513.43	2.300	2.444	12.025	82.108	5.867	17.89	67.21	5.87	57	1215.03	1.0014	1216.75	4.12	295.33
								2.344					**16.33**	**75.43**	**4.08**				**1412.87**	**3.30**	**446.88**
	63.06	5.95	5.62	1166.79	1173.13	676.76	496.37	2.351	2.444	12.289	83.910	3.801	16.09	76.38	3.80	56	1193.72	1.0110	1206.85	3.75	321.83
96 Jam	62.64	5.95	5.62	1170.47	1174.79	671.50	503.29	2.326	2.444	12.158	83.018	4.824	16.98	71.59	4.82	65	1385.56	1.0214	1415.24	3.05	464.01
	61.36	5.95	5.62	1175.79	1179.83	678.10	501.73	2.343	2.444	12.251	83.654	4.094	16.35	74.95	4.09	66	1406.88	1.0570	1487.04	3.60	413.07
								2.340					**16.47**	**74.31**	**4.24**				**1369.71**	**3.47**	**438.54**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 15. Hasil Pengujian *Marshall* yang direndam Air Tanah.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN *MARSHALL TEST* ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 7 Februari 2016
Tipe Campuran : AC-WC
Direndam Air Tanah

Durasi Perendaman	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r *Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
	63.58	5.95	5.62	1174.68	1175.73	675.38	500.35	2.348	2.444	12.274	83.806	3.921	16.19	75.79	3.92	74	1577.41	0.9936	1567.31	3.04	515.56
0 Jam	64.78	5.95	5.62	1180.53	1181.62	681.75	499.87	2.362	2.444	12.347	84.304	3.349	15.70	78.66	3.35	67	1428.20	0.9386	1340.56	3.63	369.30
	61.28	5.95	5.62	1182.7	1183.68	683.38	500.30	2.364	2.444	12.359	84.386	3.255	15.61	79.15	3.25	70	1492.14	1.0595	1580.90	2.46	642.64
								2.358					**15.83**	**77.23**	**3.51**				**1496.26**	**3.04**	**509.17**
	66.04	5.95	5.62	1191.98	1192.26	679.86	512.40	2.326	2.444	12.162	83.040	4.798	16.96	71.71	4.80	59	1257.66	0.9064	1139.97	4.15	274.69
24 Jam	62.66	5.95	5.62	1170.38	1172.51	677.52	494.99	2.364	2.444	12.361	84.403	3.236	15.60	79.25	3.24	72	1534.78	1.0210	1567.01	2.59	605.02
	64.33	5.95	5.62	1182.84	1184.68	684.39	500.29	2.364	2.444	12.360	84.398	3.242	15.60	79.22	3.24	76	1620.04	0.9509	1540.51	2.86	538.64
								2.352					**16.28**	**76.73**	**3.76**				**1415.83**	**3.20**	**472.78**
	61.72	5.95	5.62	1174.36	1177.42	680.35	497.07	2.363	2.444	12.351	84.336	3.313	15.66	78.85	3.31	74	1577.41	1.0456	1649.38	2.87	574.70
48 Jam	65.05	5.95	5.62	1191.18	1194.36	676.06	518.30	2.298	2.444	12.015	82.040	5.945	17.96	66.90	5.95	56	1193.72	0.9315	1111.89	3.68	302.14
	65.10	5.95	5.62	1168.95	1170.18	677.18	493.00	2.371	2.444	12.396	84.640	2.964	15.36	80.70	2.96	70	1492.14	0.9299	1387.57	3.25	426.94
								2.344					**16.33**	**75.48**	**4.07**				**1382.95**	**3.27**	**434.60**
	63.20	5.95	5.62	1177.98	1181.86	679.38	502.48	2.344	2.444	12.256	83.685	4.059	16.32	75.12	4.06	70	1492.14	1.0075	1503.34	2.83	531.21
72 Jam	64.45	5.95	5.62	1178.76	1182.74	674.92	507.82	2.321	2.444	12.135	82.860	5.005	17.14	70.80	5.01	58	1236.35	0.9477	1171.72	3.73	314.13
	64.32	5.95	5.62	1181.76	1185.15	683.61	501.54	2.356	2.444	12.318	84.111	3.571	15.89	77.53	3.57	68	1449.51	0.9513	1378.88	3.46	398.52
								2.341					**16.45**	**74.48**	**4.21**				**1351.31**	**3.34**	**414.62**
	62.06	5.95	5.62	1154.28	1161.47	653.09	508.38	2.271	2.444	11.870	81.050	7.080	18.95	62.64	7.08	52	1108.45	1.0361	1148.45	3.56	322.60
96 Jam	61.79	5.95	5.62	1150.30	1155.95	670.13	485.82	2.368	2.444	12.378	84.521	3.101	15.48	79.97	3.10	60	1278.98	1.0433	1334.40	3.32	401.93
	61.49	5.95	5.62	1169.74	1172.84	678.59	494.25	2.367	2.444	12.373	84.483	3.144	15.52	79.74	3.14	64	1364.25	1.0528	1436.30	3.58	401.20
								2.335					**16.65**	**74.11**	**4.44**				**1306.38**	**3.49**	**401.56**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 16. Hasil Pengujian *Immersion* yang direndam Air Rawa.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

TÜVRheinland® CERT ISO 9001

HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 9 Februari 2017
Tipe Campuran : AC-WC
Direndam Air Rawa

Durasi Perendaman	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r *Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
	64.86	5.95	5.62	1186.36	1187.65	684.61	503.04	2.358	2.444	12.329	84.186	3.484	15.81	77.97	3.48	68	1449.51	0.9365	1357.40	2.78	488.27
0 Jam	65.30	5.95	5.62	1183.93	1184.54	680.84	503.70	2.350	2.444	12.288	83.904	3.808	16.10	76.34	3.81	78	1662.67	0.9249	1537.84	3.70	415.63
	65.51	5.95	5.62	1188.35	1189.63	691.67	497.96	2.386	2.444	12.476	85.188	2.336	14.81	84.23	2.34	76	1620.04	0.9198	1490.03	2.85	522.82
								2.365					**15.57**	**77.15**	**3.21**				**1461.76**	**3.11**	**475.57**
	64.42	5.95	5.62	1191.52	1193.12	690.47	502.65	2.370	2.444	12.393	84.618	2.989	15.38	80.57	2.99	71	1513.46	0.9486	1435.72	2.56	560.83
24 Jam	62.76	5.95	5.62	1187.82	1188.94	685.30	503.64	2.358	2.444	12.330	84.190	3.480	15.81	77.99	3.48	66	1406.88	1.0185	1432.91	2.54	564.14
	62.73	5.95	5.62	1180.3	1182.74	675.09	507.65	2.325	2.444	12.155	82.996	4.849	17.00	71.48	4.85	63	1342.93	1.0193	1368.89	4.48	305.56
								2.351					**15.60**	**76.68**	**3.77**				**1412.51**	**3.19**	**476.84**
	64.26	5.95	5.62	1186.82	1189.18	681.75	507.43	2.339	2.444	12.227	83.491	4.282	16.51	74.06	4.28	60	1278.98	0.9530	1218.87	3.18	383.29
48 Jam	63.20	5.95	5.62	1190.89	1193.26	687.85	505.41	2.356	2.444	12.318	84.112	3.570	15.89	77.53	3.57	75	1598.73	1.0075	1610.72	3.51	458.89
	63.32	5.95	5.62	1178.43	1182.63	677.34	505.29	2.332	2.444	12.192	83.251	4.556	16.75	72.80	4.56	59	1257.66	1.0046	1263.43	3.12	404.95
								2.342					**16.38**	**74.80**	**4.14**				**1364.34**	**3.27**	**415.71**
	63.56	5.95	5.62	1184.27	1188.89	683.79	505.10	2.345	2.444	12.257	83.695	4.047	16.30	75.18	4.05	69	1470.83	0.9955	1464.16	3.27	447.76
72 Jam	64.47	5.95	5.62	1183.99	1187.37	675.95	511.42	2.315	2.444	12.103	82.642	5.255	17.36	69.72	5.26	66	1406.88	0.9472	1332.57	3.64	366.09
	64.04	5.95	5.62	1195.91	1199.73	689.01	510.72	2.342	2.444	12.242	83.588	4.170	16.41	74.59	4.17	57	1215.03	0.9589	1165.10	3.25	358.49
								2.334					**16.69**	**73.16**	**4.49**				**1320.61**	**3.39**	**390.78**
	63.40	5.95	5.62	1170.22	1176.58	679.22	497.36	2.353	2.444	12.301	83.990	3.710	16.01	76.83	3.71	70	1492.14	1.0025	1495.87	3.21	466.00
96 Jam	66.06	5.95	5.62	1185.71	1190.72	682.71	508.01	2.334	2.444	12.202	83.317	4.481	16.68	73.14	4.48	60	1278.98	0.9060	1158.76	3.92	295.60
	64.03	5.95	5.62	1180.26	1185.49	665.22	520.27	2.269	2.444	11.860	80.980	7.160	19.02	62.35	7.16	57	1215.03	0.9591	1165.33	3.37	345.79
								2.318					**17.24**	**70.77**	**5.12**				**1273.32**	**3.50**	**320.70**

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 17. Hasil Pengujian *Immersion* yang direndam Air Tanah.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

TÜVRheinland® CERT ISO 9001

HASIL PENGUJIAN *IMMERSION TEST* ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 11 Februari2017
Tipe Campuran : AC-WC
Direndam Air Tawar

Durasi Perendaman	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%	n VITM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r *Flow* (mm)	MQ (kg/mm)
	63.02	5.95	5.62	1196.1	1197.25	693.87	503.38	2.376	2.444	12.422	84.820	2.757	15.18	81.83	2.76	81	1726.62	1.0119	1747.20	4.28	408.22
0 Jam	63.14	5.95	5.62	1186.52	1187.65	680.81	506.84	2.341	2.444	12.239	83.567	4.195	16.43	74.47	4.19	49	1044.50	1.0091	1053.99	3.27	322.32
	62.12	5.95	5.62	1184.37	1185.61	683.66	501.95	2.360	2.444	12.335	84.228	3.437	15.77	78.21	3.44	67	1428.20	1.0346	1477.59	1.96	753.87
								2.359					**15.80**	**78.15**	**3.46**				**1426.26**	**3.17**	**494.81**
	63.06	5.95	5.62	1182.59	1184.52	687.31	497.21	2.378	2.444	12.434	84.903	2.663	15.10	82.36	2.66	98	2089.00	1.0111	2112.15	3.06	690.25
24 Jam	63.63	5.95	5.62	1168.63	1169.53	669.28	500.25	2.336	2.444	12.213	83.391	4.396	16.61	73.53	4.40	53	1129.77	0.9899	1118.32	3.21	348.39
	67.90	5.95	5.62	1196.28	1197.64	686.44	511.20	2.340	2.444	12.234	83.535	4.231	16.46	74.30	4.23	45	959.24	0.8675	832.14	3.52	236.40
								2.352					**15.85**	**76.73**	**3.76**				**1354.20**	**3.26**	**425.01**
	62.59	5.95	5.62	1178.24	1181.84	679.71	502.13	2.346	2.444	12.267	83.762	3.971	16.24	75.55	3.97	83	1769.26	1.0228	1809.51	3.30	548.34
48 Jam	63.62	5.95	5.62	1169.97	1173.35	672.38	500.97	2.335	2.444	12.209	83.366	4.424	16.63	73.40	4.42	57	1215.03	0.9901	1203.04	3.44	349.72
	65.52	5.95	5.62	1191.69	1195.47	690.53	504.94	2.360	2.444	12.338	84.247	3.415	15.75	78.32	3.42	47	1001.87	0.9196	921.30	3.27	281.74
								2.347					**16.21**	**75.76**	**3.94**				**1311.28**	**3.34**	**393.27**
	64.88	5.95	5.62	1180.55	1185.31	683.45	501.86	2.352	2.444	12.298	83.971	3.731	16.03	76.72	3.73	59	1257.66	0.9361	1177.29	2.98	395.06
72 Jam	64.21	5.95	5.62	1179.07	1183.83	678.78	505.05	2.335	2.444	12.205	83.336	4.459	16.66	73.24	4.46	53	1129.77	0.9542	1078.00	3.84	280.73
	64.00	5.95	5.62	1192.53	1196.53	682.53	514.00	2.320	2.444	12.129	82.820	5.051	17.18	70.60	5.05	74	1577.41	0.9601	1514.46	3.47	436.44
								2.336					**16.62**	**73.52**	**4.41**				**1256.58**	**3.43**	**370.75**
	64.25	5.95	5.62	1180.26	1185.89	681.45	504.44	2.340	2.444	12.232	83.521	4.247	16.48	74.23	4.25	67	1428.20	0.9532	1361.33	3.68	369.93
96 Jam	65.21	5.95	5.62	1160.21	1164.58	663.58	501.00	2.316	2.444	12.107	82.666	5.227	17.33	69.84	5.23	45	959.24	0.9273	889.45	2.84	313.19
	63.59	5.95	5.62	1173.44	1179.14	673.25	505.89	2.320	2.444	12.126	82.801	5.073	17.20	70.50	5.07	64	1364.25	0.9931	1354.79	4.12	328.83
								2.325					**17.00**	**71.53**	**4.85**				**1201.86**	**3.55**	**321.01**

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 18. Nilai *Index Of Retained Strength*.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

NILAI *INDEX OF RETAINED STRENGTH*

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC
Di kerjakan Oleh : Riza Wardhana

Jenis Air	Durasi Perendaman (Jam)	Pengujian Rendaman		*Index of Retained Strength (%)*	Keterangan >90 %
		S1	S2		
Air Rawa	0	1496.255	1461.757	97.694	Memenuhi
	24	1470.931	1412.507	96.028	Memenuhi
	48	1438.229	1364.338	94.862	Memenuhi
	72	1412.869	1320.612	93.470	Memenuhi
	96	1369.708	1273.319	92.963	Memenuhi
Air Tawar	0	1463.059	1426.258	97.485	Memenuhi
	24	1415.829	1354.203	95.647	Memenuhi
	48	1382.947	1311.284	94.818	Memenuhi
	72	1351.312	1256.582	92.990	Memenuhi
	96	1306.382	1201.856	91.999	Memenuhi

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

Lampiran 19. Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* yang direndam Air Rawa.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH *TEST*

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC/ Direndam Air Rawa
Di kerjakan Oleh : Riza Wardhana

Durasi Perendaman	Sampel	t (cm)	Stabilitas kg	Stabilitas Kalibrasi Alat	Koreksi Tebal	Diameter (cm)	A0	Stabilitas (kg)	*Indirect Tensile Strength* (kg/cm2)
0 Jam	1	6.30	59.00	1172.17	1.013	10	0.159	1187.119	27.452
	2	6.37	53.00	1052.97	0.984	10	0.159	1036.403	
	3	6.35	54.00	1072.84	0.998	10	0.159	1070.548	
		6.340						**1098.023**	
24 Jam	1	6.38	56.00	1112.57	0.973	10	0.159	1082.013	24.697
	2	6.56	54.00	1072.84	0.917	10	0.159	984.238	
	3	6.46	51.00	1013.23	0.944	10	0.159	956.678	
		6.468						**1007.643**	
48 Jam	1	6.45	55.00	1092.70	0.946	10	0.159	1034.095	22.943
	2	6.33	54.00	1072.84	1.005	10	0.159	1077.665	
	3	6.58	38.00	754.96	0.914	10	0.159	689.844	
		6.452						**933.868**	
72 Jam	1	6.29	40.00	794.69	1.016	10	0.159	807.078	21.188
	2	6.49	51.00	1013.23	0.934	10	0.159	946.638	
	3	6.32	40.00	794.69	1.007	10	0.159	799.926	
		6.369						**851.214**	
96 Jam	1	6.40	38.00	754.96	0.960	10	0.159	724.898	18.981
	2	6.39	43.00	854.30	0.967	10	0.159	825.819	
	3	6.45	40.00	794.69	0.947	10	0.159	752.792	
		6.413						**767.836**	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

Lampiran 20. Hasil Pengujian *Marshall* yang direndam Air Tanah.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH *TEST*

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : AC - WC/ Direndam Air Tanah
Di kerjakan Oleh : Riza Wardhana

Durasi Perendaman	Sampel	t (cm)	Stabilitas kg	Stabilitas Kalibrasi Alat	Koreksi Tebal	Diameter (cm)	A0	Stabilitas (kg)	*Indirect Tensile Strength* (kg/cm2)
0 Jam	1	6.30	59.00	1172.17	1.013	10	0.159	1187.119	**27.452**
	2	6.37	53.00	1052.97	0.984	10	0.159	1036.403	
	3	6.35	54.00	1072.84	0.998	10	0.159	1070.548	
		6.340						**1098.023**	
24 Jam	1	6.33	52.00	1033.10	1.006	10	0.159	1039.301	**23.942**
	2	6.51	53.00	1052.97	0.930	10	0.159	979.437	
	3	6.80	55.00	1092.70	0.866	10	0.159	946.418	
		6.544						**988.385**	
48 Jam	1	6.40	47.00	933.77	0.960	10	0.159	896.839	**21.532**
	2	6.24	46.00	913.90	1.029	10	0.159	940.096	
	3	6.65	44.00	874.16	0.895	10	0.159	782.376	
		6.428						**873.104**	
72 Jam	1	6.36	43.00	854.30	0.989	10	0.159	844.728	**20.550**
	2	6.42	38.00	754.96	0.955	10	0.159	721.329	
	3	6.29	45.00	894.03	1.014	10	0.159	906.622	
		6.358						**824.226**	
96 Jam	1	6.29	41.00	814.56	1.016	10	0.159	827.255	**18.432**
	2	6.41	37.00	735.09	0.956	10	0.159	702.881	
	3	6.24	33.00	655.62	1.026	10	0.159	672.887	
		6.315						**734.341**	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Penguji

Riza Wardhana
12511304

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 23. Tabel Konstanta A0.

LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir,
Telp. (0274) 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

TABEL KONSTANTA A0

Diameter (inci)	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4
3.5	0.177	0.0766	-0.2847	0.268	-0.9966	0.05056	-0.1545	-0.9765	-0.0204	-0.1545	0.05056
3.6	0.172	0.0745	-0.2769	0.2683	-0.9968	0.04786	-0.1461	-0.9560	-0.0193	-0.1481	0.04786
3.7	0.168	0.0726	-0.2694	0.2685	-0.9970	0.04537	-0.1384	-0.9422	-0.0183	-0.1384	0.04537
3.8	0.164	0.707	-0.2624	0.2688	-0.9971	0.04307	-0.1312	-0.9260	-0.0173	-0.1312	0.04307
3.9	0.16	0.69	-0.2557	0.269	-0.9973	0.04049	-0.1246	-0.9104	-0.0165	-0.1247	0.04094
4	0.156	0.0673	-0.2494	0.2692	-0.9974	0.03896	-0.1185	-0.8954	-0.0156	-0.1185	0.03896
4.1	0.152	0.0657	-0.2433	0.2694	-0.9975	0.03712	-0.1129	-0.8810	-0.0149	-0.1129	0.03712
4.2	0.49	0.0642	-0.2375	0.2696	-0.9976	0.03541	-0.1076	-0.8671	-0.0142	-0.1076	0.03541
4.3	0.45	0.0627	-0.2320	0.2998	-0.9977	0.03381	-0.1027	-0.8537	-0.0136	-0.1027	0.03381
4.4	0.142	0.613	-0.2268	0.2699	-0.9978	0.03232	-0.0981	-0.8409	-0.0130	-0.0981	0.03232
4.5	0.139	0.06	-0.2218	0.2701	-0.9979	0.03092	-0.0938	-0.8282	-0.0124	-0.0938	0.03092
4.6	0.136	0.0587	-0.2170	0.2702	-0.9980	0.02961	-0.0898	-0.8161	-0.0118	-0.0898	0.02961
4.7	0.133	0.575	-0.2124	0.2703	-0.9981	0.02838	-0.0860	-0.8043	-0.0114	-0.0860	0.02839
4.8	0.131	0.0563	-0.2080	0.2704	-0.9982	0.02723	-0.0825	-0.7930	-0.0109	-0.0825	0.02723
4.9	0.128	0.0552	-0.2037	0.2706	-0.9983	0.02618	-0.0792	-0.7820	-0.0105	-0.0792	0.02615
5	0.126	0.0541	-0.1997	0.2707	-0.9983	0.02512	-0.0760	-0.7714	-0.0100	-0.0761	0.02513
5.1	0.123	0.0531	-0.1958	0.2708	-0.9984	0.02418	-0.0731	-0.7610	-0.0097	-0.0731	0.02416
5.2	0.121	0.0521	-0.1920	0.2709	-0.9985	0.02325	-0.0703	-0.7510	-0.0093	-0.0703	0.02325
5.3	0.119	0.0511	-0.1884	0.2709	-0.9985	0.02239	-0.0677	-0.7413	-0.0090	-0.0677	0.02240
5.4	0.116	0.0502	-0.1849	0.271	-0.9986	0.02158	-0.0652	-0.7319	-0.0086	-0.0652	0.02156
5.5	0.114	0.0493	-0.1816	0.2711	-0.9986	0.02081	-0.0629	-0.7227	-0.0083	-0.0629	0.02061
5.6	0.112	0.0484	-0.1783	0.2712	-0.9987	0.02008	-0.0607	-0.7138	-0.0080	-0.0607	0.02008
5.7	0.11	0.0476	-0.1752	0.2713	-0.9987	0.01539	-0.0586	-0.7051	-0.0078	-0.0586	0.01939
5.8	0.109	0.0468	-0.1722	0.2713	-0.9988	0.02874	-0.0566	-0.6967	-0.0075	-0.0566	0.01874
5.9	0.107	0.046	-0.1693	0.2714	-0.9988	0.02811	-0.0547	-0.6884	-0.0072	-0.0547	0.01811
6	0.105	0.0452	-0.1665	0.2714	-0.9988	0.01752	-0.0529	-0.6804	-0.0070	-0.0529	0.01752
6.1	0.103	0.0445	-0.1638	0.2715	-0.9989	0.01695	-0.0512	-0.6727	-0.0068	-0.0512	0.01696
6.2	0.102	0.0438	-0.1611	0.2716	-0.9989	0.01642	-0.0495	-0.6651	-0.0066	-0.0495	0.01642
6.3	0.1	0.0431	-0.1586	0.2716	-0.9989	0.01590	-0.0480	-0.6577	-0.0064	-0.0480	0.01591
6.4	0.099	0.0424	-0.1561	0.2717	-0.9990	0.01542	-0.0465	-0.6504	-0.0062	-0.0465	0.01542
6.5	0.097	0.0418	-0.1537	0.2717	-0.9990	0.01495	-0.0451	-0.6434	-0.0060	-0.0451	0.01495

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 24. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



Piknometer



Aspal / Bitumen



Timbangan Digital

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 25. Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal



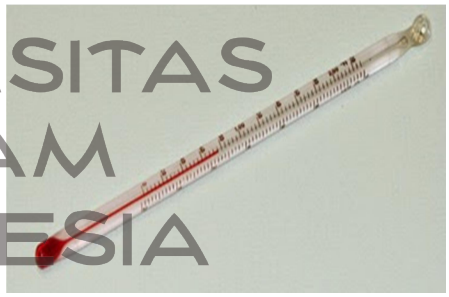
Alat Uji Penetrasi



Sampel Uji Penetrasi



Stopwatch



Termometer

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 26. Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal



Alat Uji Daktilitas



Termometer

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 27. Gambar Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



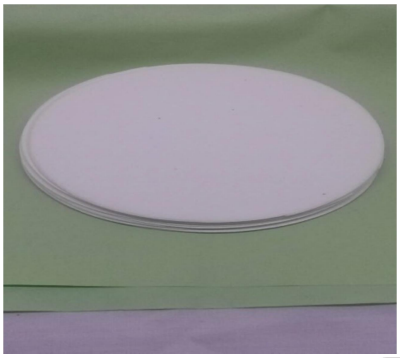
Alat Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Termometer

Lampiran 28. Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE



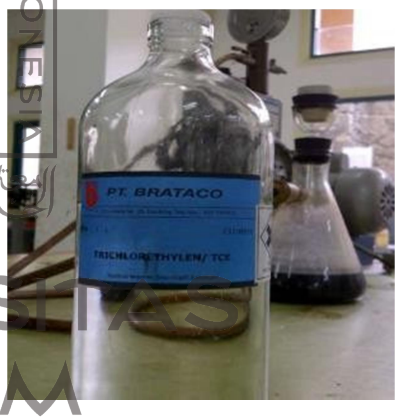
Kertas Saring



Pompa Hisap



Bekker Glass



Larutan *TCE*



Oven

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

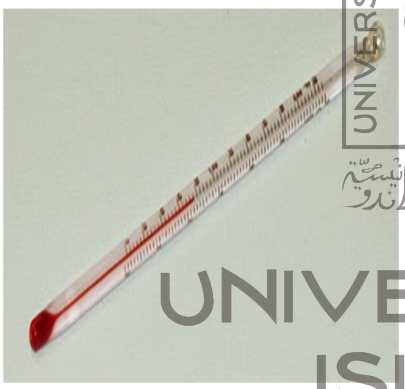
Lampiran 29. Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



Alat Pemanas



Stopwatch



Termometer



Bejana Gelas



Cincin Kuningan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 30. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



Timbangan + Keranjang Kawat



Oven

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 31. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



Cone dan Penumbuk



Oven



Piknometer



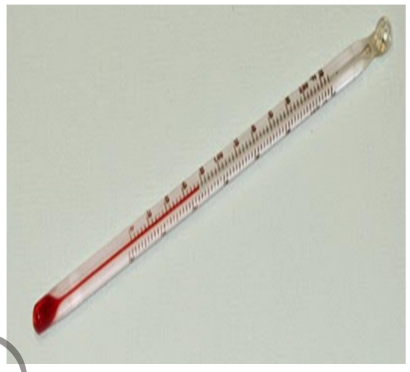
Timbangan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 32. Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal



Oven



Termometer



Bekker Glass

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

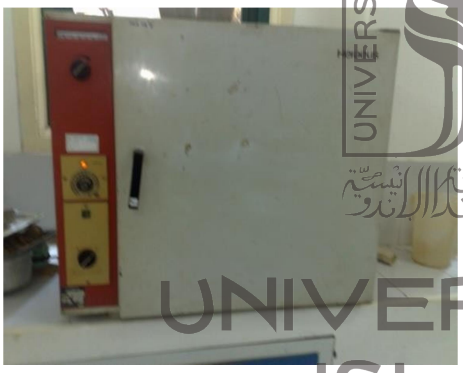
Lampiran 33. Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat



Mesin *Los Angeles*



Bola Baja



Oven



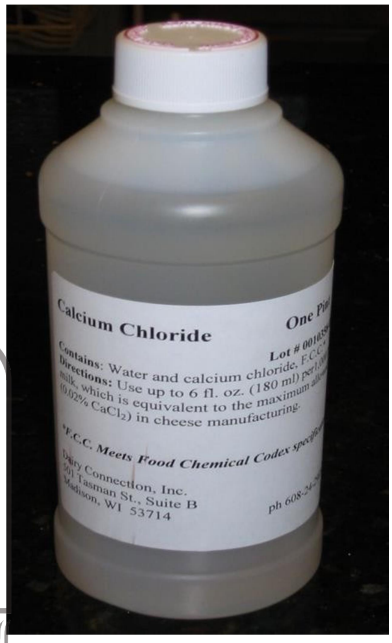
Timbangan

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 34. Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent*



1 Set Alat Pengujian



larutan $CaCL_2$

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 35. Gambar Alat Pembuatan Sampel



Alat Penumbuk



Wajan



Mold / Cetakan Aspal



Ejector

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 36. Gambar Alat Pengujian *Marshall* dan *Immersion*



Alat Uji *Marshall* dan *Immersion*



Sampel Uji *Marshall*



Waterbath

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 37. Gambar Alat Pengujian ITS.



Alat Uji ITS



Pengujian ITS

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Sampel Uji ITS

Lampiran 38. Gambar Alat Uji Permeabilitas dan Perendaman Sampel.



Alat Uji Permeabilitas

Gambar Perendaman Sampel



Sampel yang Direndam Air Rawa

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA