

TUGAS AKHIR

**KINERJA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
MENGUNAKAN BAHAN TAMBAH *POLYMER
ELASTOMER* (KARET MURNI) DITINJAU DARI
KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG, *MARSHALL*, DAN
PERMEABILITAS**

***THE PERFORMANCE OF POURUS ASPHALT
MIXTURE USING ELASTOERIC POLYMERS ADDED
MATERIAL (LATEX) IN TERMS OF MARSHALL,
INDIRECT TENSILE STRENGTH, AND
PERMEABILITY***

Di ajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Nanang Eko Mulyono
12511076

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

TUGAS AKHIR

**KINERJA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
MENGUNAKAN BAHAN TAMBAH *POLYMER
ELASTOMER* (KARET MURNI) DITINJAU DARI
KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG, *MARSHALL*, DAN
PERMEABILITAS**

***THE PERFORMANCE OF POURUS ASPHALT
MIXTURE USING ELASTOERIC POLYMERS ADDED
MATERIAL (LATEX) IN TERMS OF MARSHALL,
INDIRECT TENSILE STRENGTH, AND
PERMEABILITY***

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

disusun oleh :

Nanang Eko Mulyono
12511076

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

diuji pada tanggal 13 Oktober 2017

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.
NIK : 865110101

18/10 2016

Penguji I

Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIK : 145110101

Penguji II

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., PhD.
NIK : 955110103

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., PhD.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia 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, 17 Oktober 2017

Yang Membuat Pernyataan,



Nanang Eko Mulyono

12511076

DEDIKASI

Saya dedikasikan Tugas Akhir ini kepada:

1. Ibu dan Bapak, yang senantiasa memberi doa, semangat, motivasi, dan juga uang bulanan.
2. Bapak/Ibu Dosen dan seluruh karyawan. Terimakasih telah menciptakan suasana yang nyaman, kondusif dan dialektis.
3. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2012.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir tentang Kinerja Campuran Aspal Porus Dengan Menggunakan Bahan Tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) Ditinjau Dari Kuat Tarik Tidak Langsung, *Marshall*, Dan Permeabilitas. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan pengarahan Bapak/Ibu dosen serta pihak yang membantu, untuk itu saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji Tugas Akhir dan Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Sukamto HM dan Bapak Pranoto, selaku laboran Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Yaumi, Bapak Muhammad Choirun, dan Rumi Purwaningsih yang selalu memberikan do'a dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman angkatan 2012 yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 17 Oktober 2017

Penulis,

Nanang Eko Mulyono
12511076

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Parameter <i>Marshall Test</i>	5
2.2. Parameter <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	6
2.3. Parameter <i>Permeabilitas Test</i>	6
3.4. parameter <i>Cantabro Test</i>	6
BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1. Aspal Porus	7
3.2. Agregat	7
3.3. Aspal	10
3.4. <i>Polymer Elastomer / Karet Murni / Lateks</i>	11

3.5	Parameter <i>Marshall Test</i>	12
3.5.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	13
3.5.2	Kelelehan (<i>Flow</i>)	14
3.5.3	<i>Marshall Quotient</i>	14
3.5.4	<i>VITM (Void in the Total Mix)</i>	15
3.5.5	<i>VFWA (Void Filler With Ashpalt)</i>	16
3.5.6	<i>VMA (Void in Mineral Agregate)</i>	17
3.5.7	Kepadatan (<i>Density</i>)	18
3.6	<i>Penetration Index (PI)</i>	19
3.7	<i>Immersion Test</i>	20
3.8	<i>Indirect Tensile Strength Test (ITS)</i>	20
3.9	Permeabilitas	21
3.10	<i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	22
3.11	<i>Cantabro Test</i>	22
BAB IV METODE PENELITIAN		24
4.1	Metode Penelitian	24
4.2	Metode Pengambilan Data	24
4.3	Langkah Langkah Penelitian	24
4.3.1.	Pengujian Bahan	25
4.3.2	Peralatan Penelitian	27
4.3.3.	Tempat dan Waktu Penelitian	28
4.4	Jumlah Benda Uji	28
4.5	Perencanaan Campuran	29
4.6	Pengujian Benda Uji	31
4.6.1	Pengujian <i>Marshall Standart</i>	31
4.6.2	Pengujian Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i>	31
4.6.3	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	32
4.6.4	Pengujian Permeabilitas	32
4.6.5	Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	33
4.6.6	Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i>	33

4.6.7	Pengujian Penetrasi dan Titik Lembek Aspal dengan Penambahan Bahan Tambah Karet Murni / Lateks Aspal	34
4.7	Analisis Data	34
4.7.1	Karakteristik <i>Marshall</i>	34
4.7.2	<i>Penetration Index (PI)</i>	35
4.7.3	Durabilitas	35
4.7.4	Kuat tarik tak langsung (<i>ITS</i>)	35
4.7.5	Permeabilitas	35
4.7.6	<i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	35
4.7.7	<i>Contabro Test</i>	36
4.8	Bagan Alir Metode Penelitian	37
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		39
5.1.	Hasil Penelitian	39
5.1.1.	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	39
5.1.2.	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal dengan Penambahan Karet Murni / Lateks	39
5.1.3.	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	41
5.1.4.	Gradasi Agregat untuk Campuran	42
5.1.5.	Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum	45
5.1.7.	Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus dengan penambahan Karet Murni / Lateks pada Kadar Aspal Optimum	49
5.2	Pembahasan	51
5.2.1.	Karakteristik Aspal	51
5.2.2.	Tinjauan Karakteristik <i>Marshall Standart</i>	55
5.2.3.	Tinjauan Karakteristik <i>Cantabro</i>	64
5.2.4	Tinjauan Karakteristik <i>Asphalt Flow Down</i>	65
5.2.5	Tinjauan Karakteristik <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum	66
5.2.6	Tinjauan Karakteristik <i>Immersion Test</i>	75
5.2.7	Tinjauan Karakteristik <i>Cantabro Test</i>	77

5.2.8 Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Asphalt Flow Down Test</i>	78
5.2.9 Tinjauan Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength</i> pada kadar Aspal Optimum	79
5.2.10 Tinjauan Karakteristik Tes Permeabilitas	80
BAB VI SIMPULAN & SARAN	83
6.1 Simpulan	83
6.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Persyaratan Agregat Kasar	8
Tabel 3.2	Persyaratan Agregat Halus	9
Tabel 3.3	Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus AAPA (2004)	10
Tabel 3.4	Persyaratan Pen 60/70, Spesifikasi Bina Marga	10
Tabel 3.5	Komposisi Ion-Ion Logam yang Terkandung Dalam Serum Lateks	11
Tabel 3.6	Komposisi Ion Anorganik yang Terkandung Dalam Serum Lateks	11
Tabel 3.7	Komponen Kimiawi Lateks Atau Karet Murni	12
Tabel 3.8	Ketentuan Campuran Aspal Porus	13
Tabel 3.9	Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas	22
Tabel 4.1	Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum.	28
Tabel 4.2	Jumlah Benda Uji <i>Marshall</i> , <i>ITS</i> , Permeabilitas, <i>Immersion</i> , <i>AFD</i> dan <i>Cantabro</i> pada KAO variasi terhadap campuran total campuran aspal.	29
Tabel 4.3	Perencanaan Campuran Gradasi AAPA 2004	30
Tabel 4.4	Kadar Aspal yang Digunakan	30
Tabel 5.1	Hasil Pengujian AC 60/70 dan Karet Murni /Lateks	39
Tabel 5.2	Hasil pengujian Viskositas Pen 60/70	40
Tabel 5.3	Hasil pengujian Viskositas Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni / Lateks 1%	40
Tabel 5.4	Hasil pengujian Viskositas Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni / Lateks 2%	41
Tabel 5.5	Rekap hasil pengujian viskositas aspal Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni	41
Tabel 5.6	Rekap hasil pengujian karakteristik aspal dengan Penambahan Karet Murni / Lateks	41
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Agregat Kasar	42
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Agregat Halus	42
Tabel 5.9	Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 5,0%	43

Tabel 5.10	Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 5,5%	43
Tabel 5.11	Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 6%	44
Tabel 5.12	Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 6,5%	44
Tabel 5.13	Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 7%	45
Tabel 5.14	Hasil pengujian <i>Marshall</i> pada Masing-Masing Campuran untuk mencari KAO	46
Tabel 5.15	Hasil pengujian <i>Cantabro</i> pada Masing-Masing Campuran untuk mencari KAO	46
Tabel 5.16	Hasil pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> pada masing-masing Campuran untuk Mencari KAO	46
Tabel 5.17	Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Optimum 5,25%	48
Tabel 5.18	Hasil Uji <i>Marshall</i> Pada KAO	49
Tabel 5.19	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength</i>	49
Tabel 5.20	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	50
Tabel 5.21	Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas pada Tekanan 1.1 dan Tekanan 2.2	50
Tabel 5.22	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i>	50
Tabel 5.23	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	13
Gambar 3.2	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Kelelahan (<i>Flow</i>)	14
Gambar 3.3	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i>	16
Gambar 3.4	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	17
Gambar 3.5	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	18
Gambar 3.6	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	19
Gambar 3.7	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	19
Gambar 4.1	Bagan Alir	38
Gambar 5.1	Grafik Hubungan antara Nilai <i>VITM</i> terhadap Penambahan Kadar Aspal	47
Gambar 5.2	Grafik Hubungan antara Nilai <i>Cantabro Loss</i> terhadap Penambahan Kadar Aspal	47
Gambar 5.3	Grafik Hubungan antara Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> terhadap Penambahan Kadar Aspal	48
Gambar 5.4	Grafik hubungan antara Temperatur dengan Nilai Kekentalan Kinematik	51
Gambar 5.5	Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni dengan Nilai Penetrasi	52
Gambar 5.6	Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni dengan Titik Lembek	53
Gambar 5.7	Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Indeks Penetrasi	54
Gambar 5.8	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas	56
Gambar 5.9	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Flow</i>	57
Gambar 5.10	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Marshall Quotient</i>	59
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>VITM</i>	60
Gambar 5.12	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>VFWA</i>	61

Gambar 5.13	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>VMA</i>	63
Gambar 5.14	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Density</i>	64
Gambar 5.15	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Cantabro</i>	65
Gambar 5.16	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Asphalt Flow Down</i>	66
Gambar 5.17	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Stabilitas	67
Gambar 5.18	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai <i>Flow</i>	69
Gambar 5.19	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai <i>Marshall Quotient</i>	70
Gambar 5.20	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai <i>VITM</i>	71
Gambar 5.21	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai <i>VFWA</i>	72
Gambar 5.22	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai <i>VMA</i>	73
Gambar 5.23	Grafik Hubungan Antara Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai <i>Density</i>	74
Gambar 5.24	Grafik Hubungan antara Rendaman dan Kadar Karet Murni / Lateks	75
Gambar 5.25	Grafik Hubungan Nilai IRS dengan Kadar Penambahan Karet Murni / Lateks	76
Gambar 5.26	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Cantabro</i>	77
Gambar 5.27	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai <i>Asphalt Flow Down</i>	78
Gambar 5.28	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai <i>ITS</i>	80
Gambar 5.29	Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Permeabilitas	81

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 2 Pemeriksaan Viskositas Aspal
- Lampiran 3 Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan
- Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
- Lampiran 5 Pemeriksaan Daktilitas
- Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal
- Lampiran 7 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4
- Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Karet Murni
- Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 12 Pemeriksaan *Sand Equivalent*
- Lampiran 13 Pemeriksaan Keausan Agregat
- Lampiran 14 Hasil Pengujian *Marshall* dalam Mencari KAO Campuran Beraspal Pen 60/70
- Lampiran 15. Grafik *Marshall* dalam Mencari KAO
- Lampiran 16 Hasil Pengujian *AFD* untuk KAO
- Lampiran 17 Hasil Pengujian *Cantabro* untuk KAO
- Lampiran 18 Penentuan Kadar Aspal Optimum
- Lampiran 19 Hasil Pengujian *Marshall Test* Pada KAO
- Lampiran 20 Grafik Hasil Pengujian *Marshall Test* Pada KAO
- Lampiran 21 Hasil Pengujian *Immersion Test*
- Lampiran 22 Grafik Hasil *Immersion Test* pada KAO
- Lampiran 23 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength*
- Lampiran 24 Tabel Konstanta A0
- Lampiran 25 Hasil Pengujian Permeabilitas Tekanan 1.1
- Lampiran 26 Hasil Pengujian Permeabilitas Tekanan 2.2
- Lampiran 27 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down*
- Lampiran 28 Hasil Pengujian *Cantabro*

Lampiran 29 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
Lampiran 30 Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal
Lampiran 31 Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal
Lampiran 32 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal
Lampiran 33 Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam *TCE*
Lampiran 34 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
Lampiran 35. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
Lampiran 36 .Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
Lampiran 37 Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal
Lampiran 38. Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat
Lampiran 39 .Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent*
Lampiran 40 Gambar Alat Analisis Saringan
Lampiran 41. Gambar Alat Pembuatan Sampel
Lampiran 42. Gambar Alat Pengujian *Marshall* dan *Immersion*
Lampiran 43. Gambar Alat Pengujian *ITS*
Lampiran 44. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas
Lampiran 45. Gambar Alat Pengujian *Cantabro*
Lampiran 46 Gambar Alat Pengujian *AFD*
Lampiran 47. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas
Lampiran 48. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- a = Persentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Persentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat kering sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh *SSD* (gr)
- e = Berat benda uji didalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)
- g = Berat isi sampel (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum teoritis campuran
- i = Persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
- j = Persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k = Jumlah kandungan rongga (%)
- l = Rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m = Rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- n = Rongga dalam campuran (*VIM*) (%)
- o = Nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*
- q = Stabilitas (kg)
- r = *Flow* (mm)
- t = Tebal benda uji (cm)
- s = Angka koreksi tebal benda uji
- P runtuh = Beban puncak (kg)
- h = Tinggi sampel (cm)
- A₀ = Konstanta (tabel A₀ terlampir pada lampiran)
- K = Koefisien permeabilitas (cm/dtk)
- V = Volume rembesan (cm³)
- γ_{Air} = Berat jenis air (kg/cm³)

- L = Panjang atau tinggi sampel (cm)
T = Lama waktu rembesan (dtk)
P = Tekanan air (kg/cm²)
A = Luas penampang sampel (cm²)
L = Persentase kehilangan berat (%)

DAFTAR ISTILAH

Agregat	: Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.
Agregat Halus	: Butiran yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
Agregat Kasar	: Butiran yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
Aspal	: Bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna cokelat gelap atau hitam pekat yang tersusun atas <i>aspaltenes</i> , <i>maltenes</i> , dan <i>oil</i> .
<i>Asphalt Cement</i>	: Aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang.
<i>Asphalt Concrete</i>	: Lapisan aspal beton.
<i>Asphalt</i>	: Material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam <i>heptanes</i> .
Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	: Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
<i>Bleeding</i>	: Naiknya aspal kepermukaan.
<i>Cantabro Test</i>	: Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin <i>Los Angeles</i> .
Daktilitas	: Keuletan, nilai elastisitas aspal.
Deformasi	: Perubahan bentuk suatu perkerasan setelah menerima beban.
<i>Density</i>	: Kepadatan, berat campuran yang diukur tiap satuan volume.
Durabilitas	: Kemampuan lapisan perkerasan menahan keausan dari pengaruh cuaca, air, dan suhu serta gesekan roda kendaraan.
Film Aspal	: Selimut aspal, tebal lapisan aspal yang menyelimuti agregat.

Fleksibilitas	: Kelenturan, kemampuan beton aspal untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
<i>Flexible Pavement</i>	: Perkerasan lentur, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahanikat.
<i>Flow</i>	: Kelelahan plastis, perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam satuan milimeter.
Gradasi	: Susunan butir agregat sesuai ukurannya.
<i>Immersion Test</i>	: Pengujian perendaman untuk mencari rasio nilai stabilitas.
<i>Index of Retained Strength</i>	: Indeks perendaman, rasio nilai stabilitas terhadap rendaman standar 0,5 jam.
<i>Indirect Tensile Strength Test</i>	: Pengujian untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik.
Kadar Aspal Optimum	: Kadar aspal tengah dari rentang gradasi padas pesifikasi gradasi agregat.
Laston	: Lapisan Aspal Beton, beton aspal bergradasi menerus.
<i>Marshall Test</i>	: Pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai kelelahan plastis.
<i>Marshall Quotient</i>	: Hasil bagi dari stabilitas dan <i>flow</i> .
<i>Maximum density line</i>	: Garis gradasi dimana kondisi campuran memiliki kepadatan maksimum dengan rongga diantara mineral agregat (<i>VMA</i>) yang minimum.
<i>Maximum size</i>	: Satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum dimana agregat yang lolos saringan sebanyak 100%.
Permeabilitas	: Kemampuan lapis perkerasan untuk mengalirkan air

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

ABSTRAK

Di negara maju seperti Eropa dan Amerika pengerjaan lapisan aspal dengan campuran bergradasi rapat mulai dikurangi penggunaannya Karena ditemukan beberapa kekurangan, antara lain terjadinya genangan air pada badan jalan, menimbulkan kebisingan, dan silau dalam pandangan pengemudi. Perkerasan aspal porus merupakan salah satu alternatif dari perkerasan lentur. Aspal porus memiliki beberapa kekurangan yaitu memiliki stabilitas yang rendah Oleh Karena itu, untuk meningkatkan stabilitas kekuatan perkerasan aspal porus perlu adanya modifikasi aspal yang digunakan, salah satunya yaitu menggunakan bahan tambah *polymer elastomer* (karet murni / lateks) sebagai campuran aspal pertamina pen 60/70. Struktur molekulnya berupa jaringan dengan berat molekul tinggi dan dengan tingkat kristalisasi yang relatif tinggi, sehingga mampu menyalurkan gaya gaya bahkan melawannya jika dikenai beban statis maupun dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan menggunakan bahan tambah *polymer elastomer* (karet murni) yang ditinjau dari kuat tarik tidak langsung, *Marshall*, dan permeabilitas.

Gradasi dan spesifikasi yang digunakan pada penelitian campuran aspal porus ini adalah gradasi Australia (AAPA) dengan ukuran agregat maksimal 10 mm. pertama dengan melakukan penentuan kadar apal optimum yang digunakan, untuk agregat maksimal 10 mm AAPA mensyaratkan kadar aspal optimum yang dipakai antara 5 % sampai 6%. variasi penambahan karet murni ke dalam aspal pertamina pen 60/70 yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% terhadap total campuran. Langkah selanjutnya melakukan uji *Marshall*, *Immersion*, *Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down*. Tahap terakhir yaitu dilakukan analisis, pembahasan dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai penetrasi semakin menurun seiring dengan kadar karet murni yang ditambahkan, sedangkan titik lembek mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar karet murni. Pada pengujian terhadap karakteristik agregat kasar maupun halus Clereng, Kulonprogo semuanya telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian viskositas menunjukkan nilai yang semakin mengalami kenaikan seiring dengan penambahan karet murni. Stabilitas *Marshall* menunjukkan nilai yang semakin meningkat seiring penambahan karet murni, nilai tertinggi didapatkan pada kadar karet murni 2% sebesar 807,50 kg, nilai *Cantabro* semakin turun dengan nilai terbesar pada kadar karet 0% sebesar 14,63 %, *AFD* semakin naik dengan nilai terbesar pada kadar karet 2% sebesar 1,31 %, nilai *ITS* terbesar pada penambahan kadar karet 0% sebesar 9,07 kg/cm², dan pada pengujian permeabilitas didapatkan nilai terbesar pada kadar karet 0% sebesar 4,85 cm / s pada tekanan 1. 1 dan 1.5% sebesar 4,11 pada tekanan 2.2. Dari hasil pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa penambahan karet murni kedalam campuran aspal porus dapat meningkatkan kekuatan perkerasan tanpa mengurangi nilai permeabilitasnya dan dapat diterapkan untuk ruas ruas jalan di Indonesia.

Kata Kunci : Aspal Porus, AAPA 2004, *Marshall*, *Index of Retained Strength*, Kuat Tarik Tidak Langsung, Permeabilitas, *Cantabro Test*, *Asphalt Flow Down*. Karet Murni, Lateks

ABSTRACT

In developed countries such as Europe and America, the work of asphalt layers with mixed graded mixtures begins to diminish their usage. There are some deficiencies, such as the occurrence of puddles on road bodies, noise, and glare in the driver's eyes. Porous asphalt pavement is one of the alternatives of flexible pavement. Porous asphalt possesses several drawbacks that have low stability. Therefore, to improve the stability of porous asphalt pavement strengths need to be modified asphalt used, one of them is using materials added polymer elastomer (rubber / Latex) as a mixture of Pertamina asphalt pen 60/70. Its molecular structure is a network of high molecular weight and with a relatively high degree of crystallization, so it can channel styles and even fight against it when subjected to static and dynamic loads. This research is to know the performance of porous asphalt mixture by using the added polymer elastomer (pure rubber) material in terms of indirect tensile strength, Marshall, and permeability.

Gradation and specification used in the research of porous asphalt mixture is Australian gradation (AAPA) with a maximum aggregate size of 10 mm. First by determining the optimum asphalt content used, for a maximum aggregate of 10 mm AAPA requires optimum bitumen content to be used between 5% and 6%. Variation of the addition of pure rubber into asphalt Pertamina pen 60/70 that is 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% to total mix. The next step is to test Marshall, Immersion, Indirect Tensile Strength, Permeability, Cantabro and Asphalt Flow Down. The last stage is done analysis, discussion and taking conclusions from the test results that have been done.

The test results show that penetration value decreases with the pure rubber content added, while the softening point increases with the addition of pure rubber content. In testing of the characteristic of coarse and fine aggregate of Clereng, Kulonprogo have all met the specification of Bina Marga 2010. The result of viscosity test showed increasing value as the addition of pure rubber. Marshall's stability shows an increasing value with the addition of pure rubber, the highest value obtained at a 2% pure rubber content of 807.50 kg, the value of Cantabro is decreasing with the greatest value at 0% rubber content of 14.63%, AFD increases with value the highest on the 2% rubber content of 1.31%, the greatest value of ITS in the addition of rubber 0% of 9.07 kg / cm², and on the permeability test obtained the greatest value at 0% rubber content of 4.85 cm / s under pressure 1.1 and 1.5% by 4.11 at pressure 2.2. From the above test results, it can be concluded that adding pure rubber into porous asphalt mixture can increase pavement strength without reducing its permeability value and can be applied for road segment in Indonesia.

Keywords: *Asphalt Porous, AAPA 2004, Marshall, Index of Retained Strength, Indirect Tensile Strength, Permeability, Cantabro Test, Asphalt Flow Down. Pure Rubber, Lateks*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan perkerasan jalan di Indonesia terus berkembang dalam segi penggunaan agregat, lapis perkerasannya maupun metodenya. Namun dalam perkembangannya, Indonesia masih banyak mengerjakan lapis perkerasan dengan menggunakan campuran bergradasi rapat. Di negara maju seperti Eropa dan Amerika pengerjaan lapis perkerasan jalan dengan menggunakan gradasi rapat mulai dikurangi karena ditemukan beberapa kekurangan, antara lain terjadinya genangan air pada badan jalan saat terjadi hujan yang diakibatkan karena salah satu syarat dari perkerasan bergradasi rapat yaitu air tidak boleh melewati lapis perkerasan jalan tersebut serta disebabkan oleh saluran drainase tidak berfungsi dengan baik, menimbulkan kebisingan yang diakibatkan oleh gesekan antara roda kendaraan dan permukaan aspal, dan silau dalam pandangan pengemudi sehingga mengganggu pengemudi saat berkendara.

Perkerasan aspal porus merupakan salah satu alternatif dari perkerasan lentur. Aspal porus adalah campuran aspal yang mempunyai ciri ciri hampir sebagian besar (85%) terdiri dari agregat kasar dan sedikit mengandung pasir. Hal itu dimaksudkan agar mendapat pori yang cukup tinggi supaya daya serap (permeabilitas /*surface drain*) alir air juga tinggi. Selain itu pori tersebut berguna untuk meredam kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan saat melintasi perkerasan tersebut. Di sisi lain aspal porus memiliki beberapa kekurangan yaitu memiliki stabilitas yang rendah. Oleh Karena itu, untuk meningkatkan stabilitas perkerasan aspal porus perlu adanya modifikasi aspal yang digunakan, salah satunya yaitu menggunakan bahan tambah (karet murni / lateks) sebagai campuran aspal pertamina pen 60/70.

Karet murni / lateks yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa getah karet murni yang didapat dari PTP N IX Kebun Sukomangli. karet murni termasuk kedalam kelompok *Elastomer* yang berpotensi besar dalam dunia perindustrian. Struktur molekulnya berupa jaringan dengan berat molekul tinggi dan dengan

tingkat kristalisasi yang relatif tinggi, sehingga mampu menyalurkan gaya gaya bahkan melawannya jika dikenai beban statis maupun dinamis. Hal ini menyebabkan karet murni memiliki kuat tarik (*Tensile Strength*), daya pantul tinggi, kelenturan, daya cengkram yang baik, kalor timbul yang rendah, elastisitas tinggi, daya lekat, daya rendam, dan kestabilan suhu yang relatif baik (Triwijoso, 1995). sehingga diharapkan melalui penelitian ini perkerasan aspal porus dapat diterapkan di Indonesia.

Macam-macam gradasi campuran aspal porus yang telah dikenal adalah *Blackwater Valley Route (BVR)*, *British Standard (BS)*, gradasi Australia (*AAPA*), dan gradasi Jepang. Gradasi yang dipergunakan pada penelitian ini untuk campuran aspal porus adalah gradasi Australia (*AAPA*) dengan ukuran agregat maksimal 10 mm. Indonesia belum memiliki spesifikasi khusus yang di dalamnya memuat spesifikasi aspal porus sehingga dalam penelitian ini menggunakan spesifikasi Australia (*AAPA*).

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini didasarkan pada latar belakang di atas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja campuran aspal porus dengan menggunakan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik *Marshall* ?
2. Bagaimana kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*)?
3. Bagaimana kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik permeabilitas?
4. Bagaimana kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik *Cantabro*.
5. Bagaimana kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik *Asphalt Flow Down*.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut .

1. Mengetahui karakteristik *Marshall* pada campuran aspal porus dengan menggunakan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni).
2. Mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*).
3. Mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik permeabilitas.
4. Mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik *Cantabro*.
5. Mengetahui kinerja campuran aspal dengan bahan tambah *Polymer Elastomer* (karet murni) terhadap karakteristik *Asphalt Flow Down*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah didapat solusi bahan alternatif yang murah, mudah didapat, pengelolaan yang cukup sederhana, bahan yang ramah lingkungan sehingga diharapkan dapat memberikan hal positif terhadap pengembangan teknologi perkerasan jalan Indonesia.

Manfaat lainnya adalah untuk meningkatkan nilai guna getah karet murni yang merupakan komoditas utama di Indonesia. Manfaat yang terakhir adalah sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang membahas tentang aspal porus untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih terfokus dan terarah, maka penelitian perlu dibatasi dengan batasan sebagai berikut.

1. Perencanaan *flexible pavement* dengan menggunakan perkerasan aspal porus.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina dengan kadar penetrasi 60/70.

3. Bahan tambah yang digunakan untuk campuran aspal adalah *polymer elastomer* (karet murni) yang didapat dari PTP N IX KEBUN SUKOMANGLI.
4. Spesifikasi yang digunakan mengikuti persyaratan *Australia Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*.
5. Material yang digunakan sebagai agregat dan filler berasal dari daerah Clereng Kulon Progo, Yogyakarta.
6. Pengujian meliputi *marshall Test*, kuat Tarik tidak langsung, permeabilitas, *Cantabro*, dan *AFD*. pengujian karakteristik campuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah hasil dari pengujian yang dilakukan di Laboratorium Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan dibahas sesuai teori serta dibandingkan dengan spesifikasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Parameter *Marshall Test*

Gultom dkk (2004) Melakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat karakteristik aspal porus yang menggunakan bahan tambah *polypropylene* dengan bahan pengikat kombinasi aspal minyak dan *liquid asbuton* dari penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa seiring dengan penambahan *Polypropylene* maka nilai stabilitas yang dihasilkan semakin menurun sedangkan nilai *VIM* mengalami penurunan seiring dengan penambahan *Polypropylene*, Nilai *flow* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan *Polypropylene* dan, nilai *MQ* mengalami penurunan seiring dengan penambahan *Polypropylene*.

Penelitian yang dilakukan oleh Harianto dkk (2013) yaitu mengetahui kinerja campuran aspal berpori dengan menggunakan aspal *polimer starbit E-55* didapat nilai stabilitas sebesar 756 kg, porositas sebesar 20,18 %, flow sebesar 3,58 mm, *MQ* sebesar 210,25 kg/mm..

Pada tahun 2010, Dwiraharjo melakukan penelitian yang berjudul tinjauan kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas, dan permeabilitas campuran dingin aspal porus dengan *ripid curing crumb rubber asphal* dari penelitian tersebut didapatkan hasil penelitian sebagai berikut, campuran dingin aspal porus menggunakan pengikat *cutback crumb rubber RC-800* dengan kadar aspal optimum 7,47 % mempunyai nilai karakteristik *Marshall* yaitu, nilai porositas sebesar 19,317 % densitas sebesar 1,948 gr/cm³, spesifik grafiti sebesar 2,4231 gr/cm³, stabilitas *Marshall* campuran sebesar 424,350 kg dan *Marshall Quotient* sebesar 101,371 kg/mm.

Penelitian yang dilakukan oleh Amal (2011) berjudul pemanfaatan getah karet pada aspal ac 60/70 terhadap stabilitas *marshall* pada *asphalt treated base (atb)* didapatkan hasil penelitian sebagai berikut, pengaruh penambahan kadar lateks pada campuran *Asphalt Treated Base (ATB)* terhadap stabilitas mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar lateks, air void menunjukkan kondisi

naik sedangkan flow menunjukkan kenaikan dan pada penambahan kadar lateks menunjukkan nilai *Marshall* Quotien semakin naik. Parameter *Indirect Tensile Strength Test*

2.2. Parameter Indirect Tensile Strength

Pada tahun 2010, Dwiraharjo melakukan penelitian yang berjudul tinjauan kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas, dan permeabilitas campuran dingin aspal porus dengan *ripid curing crumb rubber asphal* dari penelitian tersebut didapatkan hasil *Indirect Tensile Strenght* campuran dingin aspal porus dengan *cutback crumb rubber* RC-800 mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar *Ripid Curing Crimb Rebber Asphalt*.

2.3 Parameter Permeabilitas Test

Gultom dkk (2004) melakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat karakteristik aspal porus yang menggunakan bahan tambah *polypropylene* dengan bahan pengikat kombinasi aspal minyak dan *liquid asbuton* dari penelitian tersebut dihasilkan nilai permeabilitas mengalami kenaikan seiring dengan penambahan *Polypropylene*.

Pada tahun 2010, Dwiraharjo melakukan penelitian yang berjudul tinjauan kuat tarik tidak langsung, kuat tekan bebas, dan permeabilitas campuran dingin aspal porus dengan *ripid curing crumb rubber asphal* dari penelitian tersebut didapatkan hasil pengujian Permeabilitas mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar *Ripid Curing Crumb Rubber Asphalt*.

3.4. Parameter Cantabro Test

Gultom dkk (2004) melakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat karakteristik aspal porus yang menggunakan bahan tambah *polypropylene* dengan bahan pengikat kombinasi aspal minyak dan *liquid asbuton* dari penelitian tersebut dihasilkan nilai *Cantabro* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan *Polypropylene*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Aspal Porus

Aspal porus merupakan salah satu jenis campuran beraspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan. Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur di Indonesia, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) baik secara vertikal maupun horizontal. Kondisi ini dimungkinkan, karena gradasi yang digunakan memiliki fraksi agregat kasar tidak kurang dari 85% dari volume campuran. Aspal porus merupakan campuran aspal dengan agregat tertentu yang didesain setelah dipadatkan mempunyai pori-pori udara berkisar 20%, Khalid dan Jimanez (1994).

Aspal Porus adalah jenis perkerasan yang didesain untuk memperoleh angka pori yang tinggi (28-32%) dengan tetap menjaga kadar aspal campuran sehingga tidak menimbulkan *floating* maupun *bleeding*, Setyawan dan Sanusi (2002). Aspal Porus didesain untuk meningkatkan besar koefisien gesek pada permukaan perkerasan. Aspal porus mempunyai keuntungan sebagai berikut dalam, Putranto (2011).

1. mengurangi percikan air pada roda kendaraan,
2. faktor gesekan yang baik untuk kecepatan tinggi,
3. mereduksi suara kendaraan bermotor,
4. mengurangi silau yang ditimbulkan pada jalan yang permukaannya basah.

Aspal porus telah banyak digunakan di negara – negara maju seperti Belanda, Spanyol, Belgia, Inggris, Denmark, Amerika Serikat, Jepang dan Singapura. Campuran aspal porus didominasi oleh agregat kasar, sedikit agregat halus dan *filler* ditambahkan sedemikian rupa hingga tidak menghalangi *interlock* antar agregat kasar tersebut.

3.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir- butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan . Material utama pembentuk

lapisan perkerasan jalan adalah agregat, yaitu 90 - 95 % dari berat campuran perkerasan berdasarkan presentase berat, atau 75 - 85 % agregat berdasarkan presentasi volume. Secara umum agregat dibedakan menjadi dua sebagai berikut.

1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm) terdiri atas batu pecah atau krikil pecah.

Adapun persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini sebagai berikut.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407 – 2008	Maks. 12%
2	Berat Jenis	SNI 1969 : 2008	>2,5
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30%
4	Abrasi dengan mesin Los Angeles semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya.		Maks. 40%
5	Penyerapan agregat terhadap air	SNI 1969 : 2008	< 3%
6	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95 / 90
7	Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)		80 / 75
8	Pertikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks. 10%
9	Material lolos ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks.1%
10	Kelekatan Agregat terhadap aspal	SNI-06-2439-1991	>90%
Catatan : (*) 95 / 90 menunjukkan bahwa agregat kasar mempunyai muka bidang pecah atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.			

Sumber : Bina Marga (2010)

2. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002, dan tertahan saringan No. 200 (0.075mm) terdiri dari hasil pemecahan batu atau pasir alam.

Adapun agregat halus sebaiknya memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Nilai Persyaratan
1	Berat Jenis (%)	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Aspal (%)	SNI 1970 : 2008	< 3
3	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60 %
4	Kadar lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
5	Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)	SNI 03-6877-2002	Min.45
6	Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)	SNI 03-6877-2002	Min.40
7	<i>Sand Equivalent</i> (%)	SNI 3423 : 2008	> 50

Sumber : Bina Marga, 2010

Macam-macam gradasi campuran aspal porus yang telah dikenal adalah *Blackwater Valley Route (BVR)*, *British Standard (BS)*, gradasi Australia, gradasi Jepang. Gradasi yang dipergunakan pada penelitian ini untuk campuran aspal porus adalah gradasi Australia dengan ukuran agregat maksimal 10 mm.

Campuran aspal porus menggunakan gradasi seragam sehingga campuran aspal porus disebut juga *open graded asphalt*. Gradasi seragam terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil. Persyaratan gradasi agregat pada campuran aspal porus seperti yang ditentukan oleh spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* 2004 dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus AAPA (2004)

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos	
	Ag. Maks. 10 mm	Ag. Maks. 14 mm
19,00	100	100
12,70	100	85 – 100
9,53	85 – 100	45 – 70
4,76	20 – 45	10 – 25
2,38	10 – 20	7 – 15
1,19	6 – 14	6 – 12
0,595	5 – 10	5 – 10
0,297	4 – 8	4 – 8
0,149	3 – 7	3 – 7
0,074	2 – 5	2 – 5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (2004)*

3.3 Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2007).

Pada penelitian ini digunakan aspal AC penetrasi 60/70, persyaratan AC 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan tebal minimum campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan AC 60/70, Spesifikasi Bina Marga

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi 25°C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 79
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48 – 58
3	Titik Nyala; °C	SNI 06-2433-1991	min 200
4	Kelarutan CCL ₄ , % berat	RSNI M-04-2004	min 99
5	Daktilitas 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	min 100
6	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	min. 1,0

Sumber: Bina Marga (2010)

3.4 *Polymer Elastomer* / Karet Murni / Lateks

Karet murni di dunia 70% dihasilkan di Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Karet murni didapat dari proses penyadapan pohon karet (*Hevea Brasiliensis*) berupa cairan karet yang disebut lateks. lateks adalah getah pohon karet. (*Hevea Brasiliensis*) merupakan sitoplasma dari sel sel pembuluh lateks yang mengandung partikel karet dan non karet yang tersuspensi dalam medium cair yang mengandung banyak bahan-bahan terlarut yang disebut serum. Serum lateks mengandung bahan-bahan terlarut ion-ion anorganik dan ion-ion logam yang masuk ke dalam lateks saat lateks disadap. Komposisi lengkap dari ion-ion logam yang terdapat dalam serum lateks adalah sebagai berikut.

Tabel 3.5 Komposisi Ion-Ion Logam yang Terkandung Dalam Serum Lateks

Ion	Komposisi (%)	Ion	Komposisi (%)
Na	0,96 %	Ca	0,43 %
K	96,0 %	Mn	0,02 %
Rb	0,72 %	Fe	1,7 %
Mg	0,36 %	Cu	0,07 %

Sumber: Hani (2009)

Nb: (persen komposisi berdasarkan perkiraan total ion logam)

Komposisi lengkap ion-ion anorganik yang terdapat dalam serum lateks adalah dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini..

Tabel 3.6 Komposisi Ion Anorganik yang Terkandung Dalam Serum Lateks

Ion	Komposisi (%)	Ion	Komposisi (%)
KCL	4,6 %	Na ₃ PO ₄	10,2 %
K ₃ PO ₄	55,0 %	XPO ₄	4,2 %
Ca ₃ (PO ₄) ₂	6,8 %	CaSO ₄	2,9 %
FePO ₄	2,9 %	Al ₂ (SiO ₃) ₃	2,9 %
Mg ₃ PO ₄	10,2 %		

Sumber: Hani (2009)

Nb: (Persen komposisi menyatakan keberadaannya dalam abu)

Menurut Triwijoso (1995) secara umum komponen kimiawi lateks atau karet murni tersusun dalam beberapa senyawa. Komponen kimiawi karet dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Komponen Kimiawi Lateks Atau Karet Murni

Bahan	Kadar (%)
Hidrokarbon Karet	93,7
Fosfolipid, Lemak	2,4
Gilikolipid	1,0
Protein	2,2
Karbohidrat	0,4
Bahan-bahan Organik	0,2
Lain-lain	0,1

Sumber: Triwijoso (1995)

Karet murni termasuk kedalam kelompok elastomer yang berpotensi besar dalam dunia perindustrian. Struktur molekulnya berupa jaringan dengan berat molekul tinggi dan dengan tingkat kristalisasi yang relative tinggi, sehingga mampu menyalurkan gaya gaya bahkan melawannya jika dikenai beban statis maupun dinamis. Hal ini menyebabkan karet murni memiliki kuat tarik (*tensile strength*), daya pantul tinggi, kelenturan, daya cengkram yang baik, kalor timbul yang rendah, elastisitas tinggi, daya lekat, daya rendam, dan kestabilan suhu yang relative baik.

3.5 Parameter *Marshall Test*

Untuk memperoleh lapis perkerasan aspal porus yang baik, maka harus memenuhi karakteristik tertentu. Pengujian *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Adapun beberapa parameter *Marshall Test* antara lain : stabilitas, (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filler With Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*). Ketentuan atau spesifikasi dari campuran aspal prous *AAPA* seperti terlihat pada Tabel 3.7 adalah sebagai berikut.

Tabel 3.8 Ketentuan Campuran Aspal Porus

1	Uji <i>Contabro Loss</i> (%)	Maks. 35
2	Uji Aliran Aspal Kebawah (%)	Maks. 0,3
3	Kadar Rongga di Dalam Campuran (VIM %)	18 – 25
4	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
5	Kelelahan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 6
6	Kekakuan <i>Marshall</i> (kg/mm)	Maks. 400
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association* (2004)

3.5.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Naiknya stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi.

$$q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.1)$$

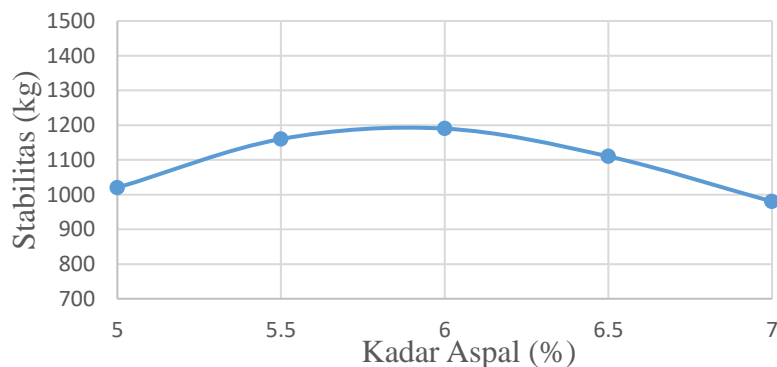
Keterangan : q = stabilitas (kg),

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat,

s = koreksi tebal benda uji,

0,4536 = konversi satuan dari *lb* ke kg,

Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan arloji stabilitas pada *marshall Test*. Angka stabilitas ini masih dikoreksi lagi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Nilai stabilitas yang dipakai dihitung dengan Persamaan 3.1 sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal aspal dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



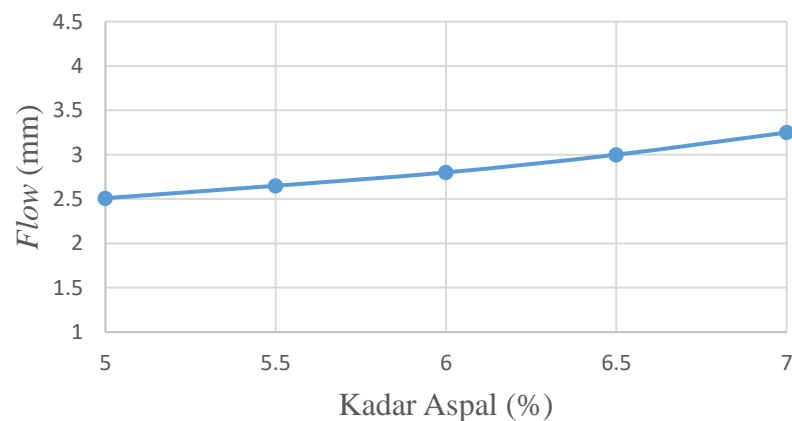
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

(Sumber: RSNi M-01-2003)

3.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah diatas batas maksimum cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas tinggi dibawah batas optimum cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.

Angka *flow* didapatkan dari pembacaan arloji yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan panjang (mm). Adapun grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Kelelahan (*Flow*)

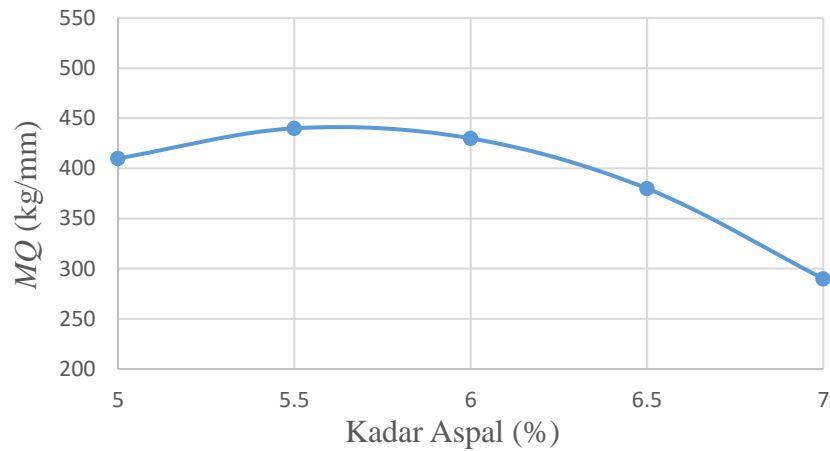
(Sumber: RSNi M-01-2003)

3.5.3 *Marshall Quotient*

Marshall quotient merupakan perbandingan antara *stability* dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ* dilihat pada Gambar 3.3 berikut.

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

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



Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ

(Sumber: RSNI M-01-2003)

3.5.4 VITM (Void in the Total Mix)

Nilai *VITM* adalah banyaknya pori antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. *VITM* dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. *VITM* ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VITM* yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. *VITM* yang terlalu kecil mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat.

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

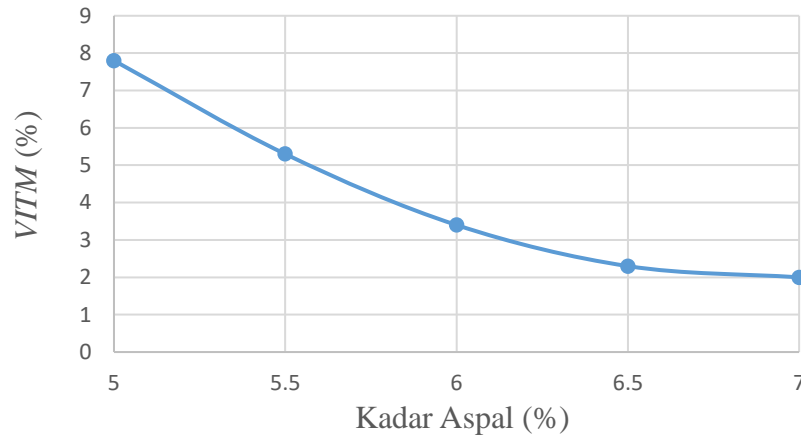
$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h}\right) \quad (3.3)$$

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

Keterangan : n = nilai *VITM*,

g = berat isi sampel (gr/cc),

h = berat jenis maksimum teoritis campuran.



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM
(Sumber: RSNI M-01-2003)

3.5.5 VFWA (Void Filler With Asphalt)

VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terasbsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan presentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

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

1. Persentase aspal terhadap campuran

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

Keterangan a = persentasi aspal terhadap batuan

b = persentasi aspal terhadap campuran

2. Persentase aspal terhadap agregat

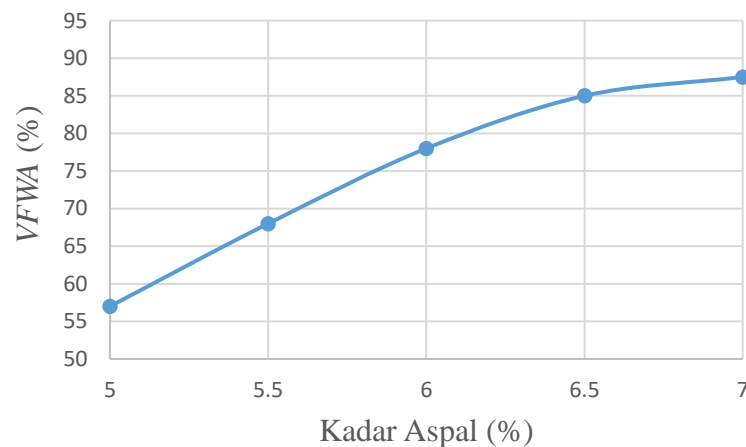
$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.6)$$

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

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

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

Keterangan $m = VFWA$ (%),
 $g =$ berat isi sampel (gr/cc),
 $b =$ persentase aspal terhadap campuran.



Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA
(Sumber: RSNI M-01-2003)

3.5.6 VMA (Void in Mineral Agregate)

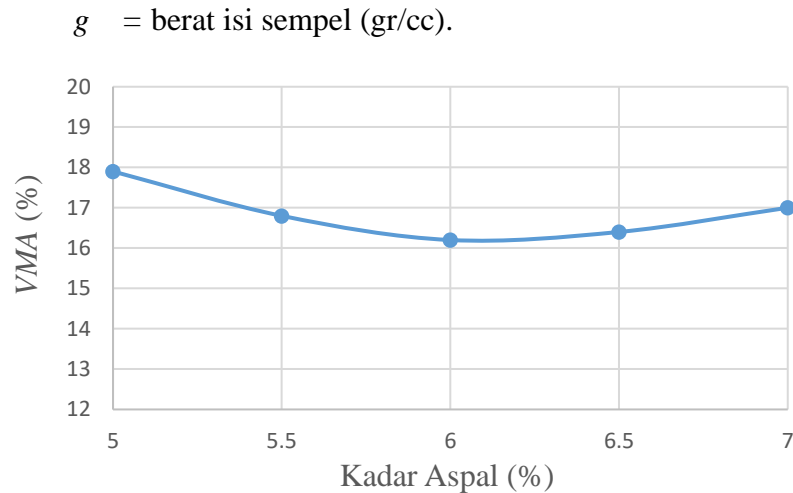
Nilai VMA adalah volume pori diantara butir agregat campuran dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal dan dinyatakan dalam persen terhadap campuran. VMA meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

Nilai VMA dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan 3.11, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.

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

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

Keterangan : $l =$ nilai VMA (%),
 $b =$ presentase aspal terhadap campuran (%),



Gambar 3.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

(Sumber: RSNI M-01-2003)

3.5.7 Kepadatan (*Density*)

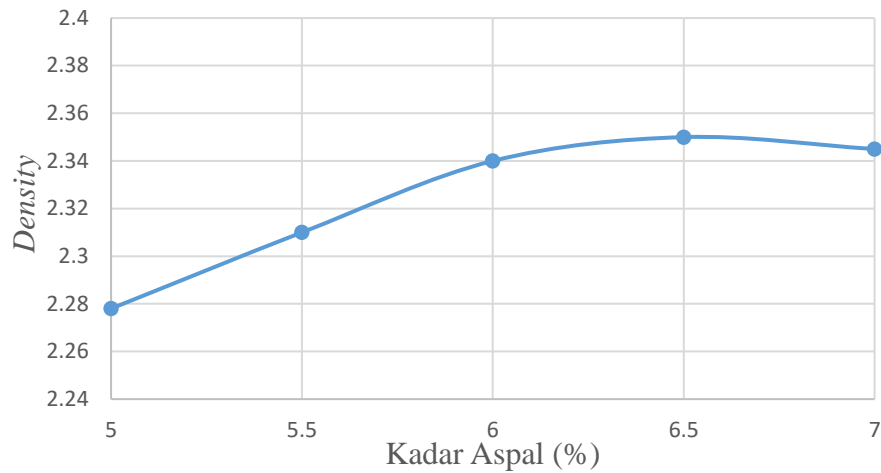
Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density*, maka kerapatannya semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan rapat. *Density*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

Nilai kepadatan / *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13, sedangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.

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

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

Keterangan : g = nilai *density* (gr/cc),
 c = berat benda uji sebelum direndam (gr),
 d = berat benda uji dalam keadaan jenuh / SSD (gr),
 e = berat dalam air (gr),
 f = volume / isi (cm³).



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*
(Sumber: RSNI M-01-2003)

3.6 *Penetration Index (PI)*

Aspal semen merupakan material termoplastik, yang konsistensinya berubah bergantung temperturnya. Kepekaan terhadap temperatur merupakan parameter yang sangat penting untuk diketahui menunjukkan nilai perubahan konsistensi aspal dengan berubahnya temperatur aspal. Aspal yang memiliki kepekaan temperatur tinggi tidaklah diharapkan, mengingat *viskositasnya* pada suhu 135° C (275° F) dapat menjadi sangat rendah, sehingga menyebabkan kesulitan dalam pencampuran dan pemadatan, serta *viskositas* dan kekentalannya pada suhu pelayanan terendah biasanya sangat tinggi, sehingga memicu timbulnya retak-retak pada suhu rendah.

Nilai *Penetration Index* dapat dihitung dengan Persamaan 3.14 yang mendasarkan penentuan *Penetration Index* dengan angka penetrasi dan titik lembek aspal.

$$PI = \frac{1952 - 500 \log pen - 20 SP}{50 \log pen - SP - 120} \quad (3.14)$$

Keterangan : $PI = penetration\ index$,

$Pen =$ nilai penetrasi aspal,

$SP =$ titik lembek aspal.

3.7 *Immersion Test*

Immersion Test atau uji perendaman *marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. 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 $\pm 50^{\circ}$ C dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^{\circ}$ C. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) selama 24 jam dan suhu konstan 60° C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of retained strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_1). Seperti tercantum pada Persamaan 3.15 berikut.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.15)$$

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

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

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

3.8 *Indirect Tensile Strength Test (ITS)*

Indirect Tensile Strength Test adalah kemampuan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara horizontal. Gaya tarik terkadang untuk mengevaluasi potensi retakan pada campuran aspal. Untuk mendapatkan pembebanan gaya tarik aspal yang terjadi di lapangan masih sulit, sehingga metode yang paling memungkinkan untuk mengetahui gaya tarik dari aspal adalah dengan menggunakan metode pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.

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

yang relatif merata sepanjang diameter bidang vertikal, yang mana menyebabkan silinder mengalami kerusakan yaitu terjadinya keretakan sepanjang diameter vertikal (Kennedy, 1997)

Indirect Tensile Strength adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.16 berikut.

$$ITS = \frac{P_{runtuh}}{h} \times A_o \quad (3.16)$$

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

P runtuh = beban puncak (kg),

h = tinggi sampel (cm),

Ao = konstanta (tabel *Ao* terlampir pada lampiran).

3.9 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan media yang porous untuk mengalirkan fluida (Sarwono, 2007). Setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut porous, dan apabila ruang kosong itu saling berhubungan maka memiliki sifat permeabilitas. Maka batuan, beton, tanah, dan banyak material lain dapat merupakan material porous dan permeabel. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula.

Dalam penelitian ini hanya menghitung permeabilitas vertikal. Tes permeabilitas ini merupakan sarana yang penting untuk aspal porous. *Test* permeabilitas ini merujuk pada hukum permabilitas dengan Persamaan 3.17 berikut.

$$K = \frac{V \cdot L \cdot \gamma_{Air}}{P \cdot A \cdot T} \quad (3.17)$$

Keterangan : *K* = koefisien permeabilitas (cm/dtk),

V = volume rembesan (cm³),

T = lama waktu rembesan terukur (detik),

L = panjang atau tinggi sampel (cm),

P = tekanan air (kgcm/det²/cm²),

A = luas penampang sampel (cm²),

γ Air = berat jenis air (gr/cm³).

Berdasarkan koefisien permeabilitas, campuran aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat permeabilitasnya sendiri. Mullen (1967) menetapkan pembagian campuran aspal berdasarkan permeabilitas seperti pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.9 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Angka Permeabilitas

k (cm/detik)	Permeabilitas
1×10^{-8}	<i>Impervious</i> (Kedap)
1×10^{-6}	<i>Practically impervious</i> (Hampir Kedap)
1×10^{-4}	<i>Poor drainage</i> (Drainase Jelek)
1×10^{-2}	<i>Fair drainage</i> (Drainase Sedang)
1×10^{-1}	<i>Good drainage</i> (Drainase Baik)

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

3.10 *Ashpalt Flow Down (AFD)*

Untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, hal ini penting dilakukan agar selama pengangkutan dari *Asphalt Mixing Plant (AMP)* ke lokasi penghamparan tidak terjadi pemisahan aspal maka dilakukan uji *asphalt flow down (AFD)*. Besarnya nilai *AFD* disyaratkan lebih kecil dari 0,3%, untuk menentukan nilai *AFD* digunakan uji pengaliran *asphalt flow down* seperti Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$AFD = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100\% \quad (3.18)$$

Keterangan : *AFD* = nilai *ashpalt flow down* (%),

m_1 = berat cetakan berupa nampan (gr)

m_2 = berat cetakan beserta campuran beraspal (gr)

m_3 = berat cetakan beserta campuran aspal yang melekat pada alumunium foil (gr).

3.11 *Cantabro Test*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *los angeles*. Benda uji yang didiamkan selama

48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angeles* terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (M_o). Selanjutnya benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Mesin *Los Angeles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi (M_i), Persamaan 3.19 sebagai berikut. (Bina Marga, 2006). Kehilangan berat dapat dihitung sebagai berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.19)$$

Keterangan : M_o = Berat sebelum diabrasi (gr),
 M_i = Berat setelah diabrasi (gr), dan
 L = Persentase kehilangan berat (%).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara untuk mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi variabel yang dilakukan untuk mencari pemecahan masalah dari pokok permasalahan yang diambil terhadap penelitian yang dilakukan.

Jenis penelitian kausal adalah metode penelitian yang meneliti sebab akibat, yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan terbatas. Variabel bebas yang dimaksud adalah karet murni yang ditambahkan, sedang variabel terbatas adalah kinerja *Marshall, Indirect Tensile Strength Test* (kuat tarik tidak langsung), dan Permeabilitas. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan menggunakan bahan tambah berupa polymer elastomer (karet murni) ditinjau dari *Marshall, Indirect Tensile Strength Test* (kuat tarik tidak langsung), dan Permeabilitas, Data dari hasil penelitian ini kemudian dibandingkan hasil uji kuat tarik tidak langsung, *Marshall*, dan permeabilitas dengan aspal porus tanpa bahan tambah polymer elastomer.

4.2 Metode Pengambilan Data

Metode dalam pengambilan data diperlukan pengelompokan benda uji guna mempermudah pengisian dan pembacaan hasil pengujian dan pengujian campuran aspal, sehingga diperoleh data-data yang berupa nilai stabilitas, *flow*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, *Density*, *Marshall Quotient*, *Immersion Test*, *ITS* dan permeabilitas. Pada penelitian ini, data diperoleh dengan cara melakukan pengujian-pengujian di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.3 Langkah Langkah Penelitian

Urutan penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari delapan tahap, penjelasannya adalah sebagai berikut.

1. Tahan pertama untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).

2. Tahap kedua adalah dilakukan pembuatan sampel campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks dengan berbagai macam kadar variasi yang berbeda pada KAO optimum untuk pengujian terhadap durabilitas dengan uji perendaman *Marshall*.
3. Tahap ketiga adalah dilakukan pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan bahan tambah karet murni / lateks.
4. Tahap empat adalah dilakukan pengujian *marshall* campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks.
5. Tahap kelima adalah dilakukan pengujian *Indirect tensile Strength* campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks.
6. Tahap ke enam adalah dilakukan pengujian Permeabilitas campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks.
7. Tahap ke tujuh adalah dilakukan pengujian *Cantabro* campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks.
8. Tahap ke delapan adalah dilakukan pengujian *immersion* campuran aspal porus dengan bahan tambah karet murni / lateks.

4.3.1. Pengujian Bahan

Pada campuran perkerasan harus dilakukan serangkaian pengujian, antara lain sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat

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

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

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

b. Pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

c. Pengujian Keausan Agregat

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

d. Pengujian *Sand Equivalent*

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

2. Pengujian Aspal

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

a. Pengujian Berat Jenis Aspal

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

b. Pengujian Penetrasi

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

c. Pengujian Daktilitas

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

d. Pengujian Kelarutan dalam *TCE*

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

e. Pengujian Titik Lembek

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

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

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

4.3.2 Peralatan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

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

5. Seperangkat alat uji *Indirect Tensile Strength Test* yang meliputi alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur keelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 pound (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.
6. Seperangkat alat uji permeabilitas (*Falling Head Permeability Test*), yang meliputi tabung dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 80 cm, bak air, 2 buah *statif*, klem permeabilitas, *stopwatch*.

4.3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboraroom Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Penelitian ini dimulai tanggal 1 Desember 2016 sampai 30 Januari 2017.

4.4 Jumlah Benda Uji

Kadar aspal yang dipakai untuk menentukan KAO adalah 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, dan 7%, pengambilan persentase kadar aspal pada penelitian ini didasarkan atas syarat dari spesifikasi Australia. Pada spesifikasi Australia dikatakan bahwa kadar aspal yang di syaratkan antara 5% sampai dengan 6,5% . Pada penelitian ini benda uji yang dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi sampelnya. Jumlah benda uji dibuat sebanyak 15 benda uji. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1, dan 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Variasi Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji		
	<i>Marshall</i>	<i>Ashpalt Flow Down</i>	<i>Contabro</i>
5 %	3	3	3
5,5 %	3	3	3
6 %	3	3	3
6,5 %	3	3	3
7 %	3	3	3
Jumlah	15	15	15

Kadar variasi bahan tambah lateks / karet murni ke dalam campuran aspal porus adalah 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%. Jumlah kadar variasi tersebut diambil berdasarkan jumlah total campuran aspal porus. Jumlah benda uji setiap variasi dapat di lihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji *Marshall*, *ITS*, Permeabilitas, *Immersion*, *AFD* dan *Cantabro* pada KAO Variasi Terhadap Campuran Total Aspal.

Variasi Kadar karet murni	Jumlah Benda Uji						
	<i>Marshall</i>	<i>Indirect Tensile Strength</i>	Permeabilitas	<i>Cantabro</i>	<i>Immersion</i>		<i>AFD</i>
					30 menit	24 jam	
0 %	3	3	3	3	3	3	3
0,5 %	3	3	3	3	3	3	3
1%	3	3	3	3	3	3	3
1,5 %	3	3	3	3	3	3	3
12%	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	15	15	15	15	15	15	15

Sehingga jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 135 benda uji.

4.5 Perencanaan Campuran

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat kasar, dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran aspal porus serta sebagai material bahan tambah karet murni. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan apakah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Setelah pengujian awal selesai, dilanjutkan proses penyaringan terhadap berbagai jenis agregat dengan saringan sebanyak sembilan buah dan pan. Sesuai dengan gradasi yang direncanakan. Gradasi rencana dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Perencanaan Campuran Gradasi AAPA 2004

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan
1 1/2 "	37,5 mm				
1 "	25 mm				
3/4 "	19 mm	100	100	100	0.0
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0.0
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85,0
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90,0
No. 30	0,600 mm	5	10	7,5	92,5
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94,0
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95,0
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5
Pan		0	0	0	100

Kemudian setelah dilakukan penyaringan dilanjutkan dengan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditentukan di dalam spesifikasi. Kadar aspal yang di pakai dapat di lihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Kadar Aspal yang Digunakan

kadar aspal	%	5%	5.5%	5%	6.5%	7%
berat benda uji	gram	1200	1200	1200	1200	1200
berat aspal	gram	54	60	66	72	78
berat total agregat	gram	1146	1140	1134	1128	1122

Variasi penambahan karet murni ke dalam aspal pertamina pen 60/70 yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% terhadap total campuran. Setelah semua bahan disiapkan, kemudian dilakukan pembuatan benda uji dan siap dilakukan pengujian *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength Test*, *Permeability Test*, *Cantabro*, dan *AFD*.

4.6 pengujian Benda Uji

4.6.1 Pengujian *Marshall* Standar

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

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
5. Direndam di dalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*).
11. Kepala penekan (*Test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cicin pengunji, kemudian ditur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
12. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

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

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

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Direndam di dalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.

6. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*).
11. Kepala penekan (*Test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin pengunji, kemudian ditur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
13. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.
14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.6.3 Pengujian Indirect Tensile Strength

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

1. Bahan – bahan dipersiapkan.
2. Benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari *Marshall Test* menggunakan bahan tambah karet murni optimum dibuat.
3. Benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian diletakkan.
4. Didapatkan nilai dial dari hasil pengujian.
5. pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength* dianalisis.
6. Dibuat kesimpulan.

4.6.4 Pengujian Permeabilitas

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

1. Benda uji diletakkan pada pipa bagian bawah.
2. Klem untuk permeabilitas horizontal dikencangkan agar benda uji selalu menempel pada pipa dan mencegah kebocoran.

3. Bagian bawah benda uji ditutup dengan bahan kedap air (lilin/malam) sehingga air mengalir ke permukaan benda uji.
4. Tinggi permukaan benda uji yang terlihat dan kelilingnya diukur, maka diperoleh luas permukaan benda uji.
5. Pipa dan benda uji yang sudah diklem diletakkan pada bak air yang sudah terisi penuh dengan air, dan permukaan benda uji bagian atas sama dengan tinggi permukaan air pada bak untuk menjaga tekanan agar tetap konstan.
6. Tabung dijepit dengan statif untuk menjaga posisi tabung tetap tegak.
7. Tabung diisi dengan air sampai mencapai ketinggian 40 cm (h_1).
8. Waktu dicatat sampai air mencapai ketinggian 20 cm di atas permukaan benda uji (h_2).

4.6.5 Pengujian *Cantabro Loss*

Langkah-langkah untuk pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dipadatkan dengan jumlah tumbukan masing-masing 50 kali pada kedua sisinya.
2. Diamkan benda uji yang telah dipadatkan selama 48 jam pada suhu ruangan.
3. Benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi
4. Benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja, lalu jalankan mesin dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran.
5. Setelah selesai, keluarkan benda uji lalu timbang.

4.6.6 Pengujian *Asphalt Flow Down*

Prosedur pengujian *asphalt flow down* adalah sebagai berikut :

1. Cetakan berupa nampan dengan ukuran permukaan 20 x 40 cm dilapisi dengan kertas alumunium foil, berat cetakan tersebut ditimbang dan dicatat (m_1),.
2. Selanjutnya dibuat campuran beraspal seberat ± 1200 gr dan setelah tercampur merata dituangkan di atas cetakan yang telah dilapisi sebelumnya, permukaannya diratakan dan dicatat beratnya (m_2).

3. Cetakan yang telah berisi campuran aspal tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan suhu ± 160 °C selama +60 menit.
4. Prosedur diulangi sesuai kebutuhan.
5. Cetakan dikeluarkan dari dalam oven dan campuran beraspal tersebut dituangkan secara cepat, kemudian berat cetakan berikut campuran beraspal yang melekat pada aluminium foil ditimbang dan dicatat (m3).

4.6.7 Pengujian Penetrasi dan Titik Lembek Aspal dengan Penambahan Bahan Tambah Karet Murni / Lateks Aspal

Pengujian ini dilakukan terhadap aspal yang diberi tambahan karet murni / lateks dengan variasi kadar sudah ditentukan. Prosedur pelaksanaannya sesuai dengan prosedur pelaksanaan pemeriksaan penetrasi dan titik lembek aspal pada pengujian bahan sebelumnya namun pada pengujian ini dengan menambahkan karet murni / lateks.

4.7 Analisis Data

4.7.1 Karakteristik *Marshall*

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

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

Nilai karakteristik uji *Marshall* didapatakan dengan bantuan data lainnya yang dihitung menggunakan Persamaan 4.1 berikut.

1. Berat Jenis Aspal

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

2. Berat Jenis Agregat

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

Keterangan : A : Presentase agregat kasar,
 B : Presentase agregat halus,
 F1 : Berat jenis agregat kasar,
 F2 : Berat jenis agregat halus,

Nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Qoutient*), *VITM* (*Void tn the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*) dapat dihitung berdasarkan data-data diatas menggunakan Persamaan 3.1 sampai dengan 3.13.

4.7.2 Penetration Index (PI)

Penentuan nilai *Penetration Index* mendasarkan dengan angka penetrasi dan titik lembek aspal yang diolah menggunakan Persamaan 3.14.

4.7.3 Durabilitas

Nilai *Index of retained strength* diperoleh dari hasil *immersion Test* kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.15.

4.7.4 Kuat tarik tak langsung (ITS)

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.16.

4.7.5 Permeabilitas

Nilai *Permeability Test* adalah kemampuan media yang porous untuk mengalirkan fluida kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.17.

4.7.6 Asphalt Flow Down (AFD)

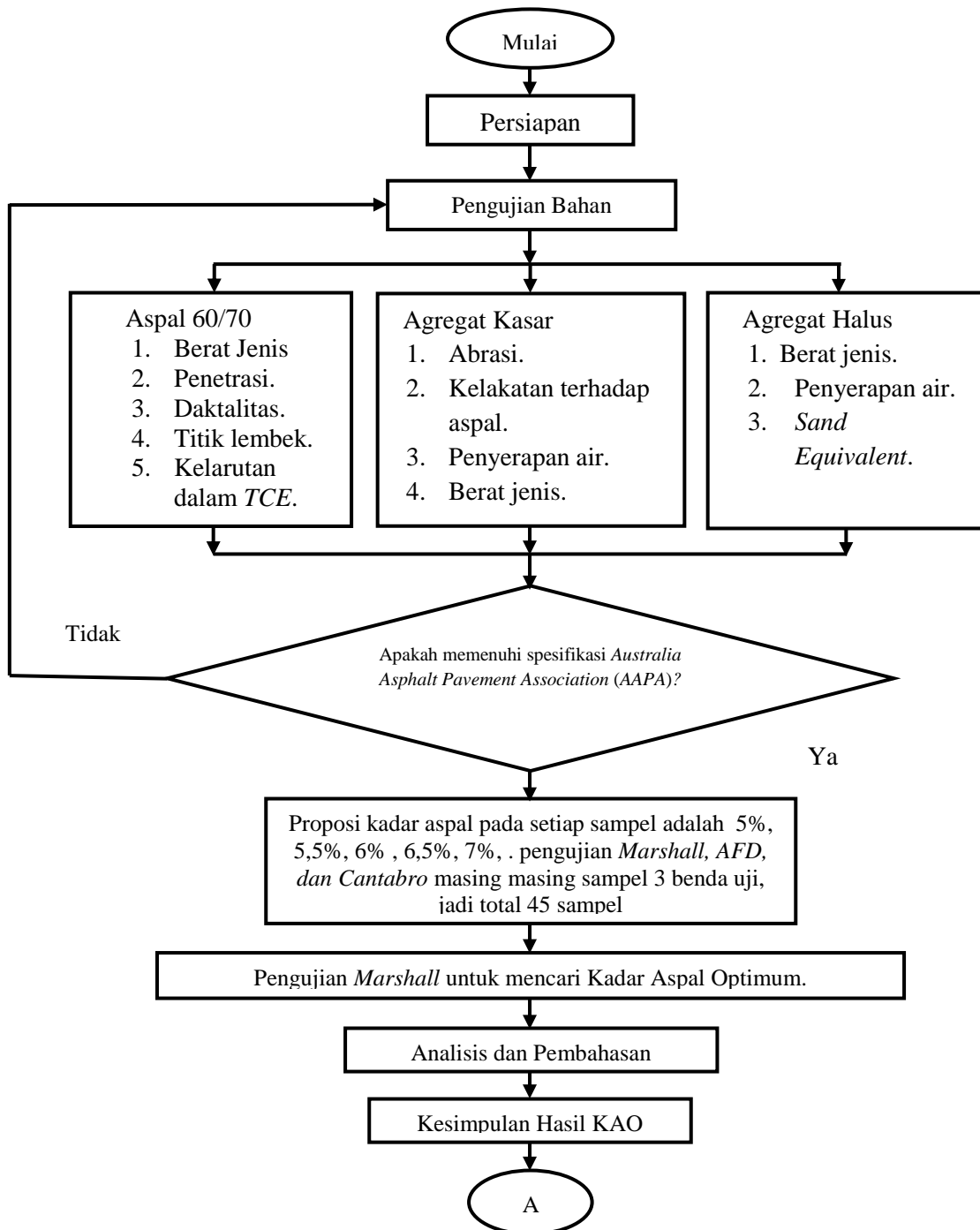
Asphalt flow down dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadi pemisahan pemisahan aspal dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan AAPA (2004) diperoleh dari Persamaan 3.18.

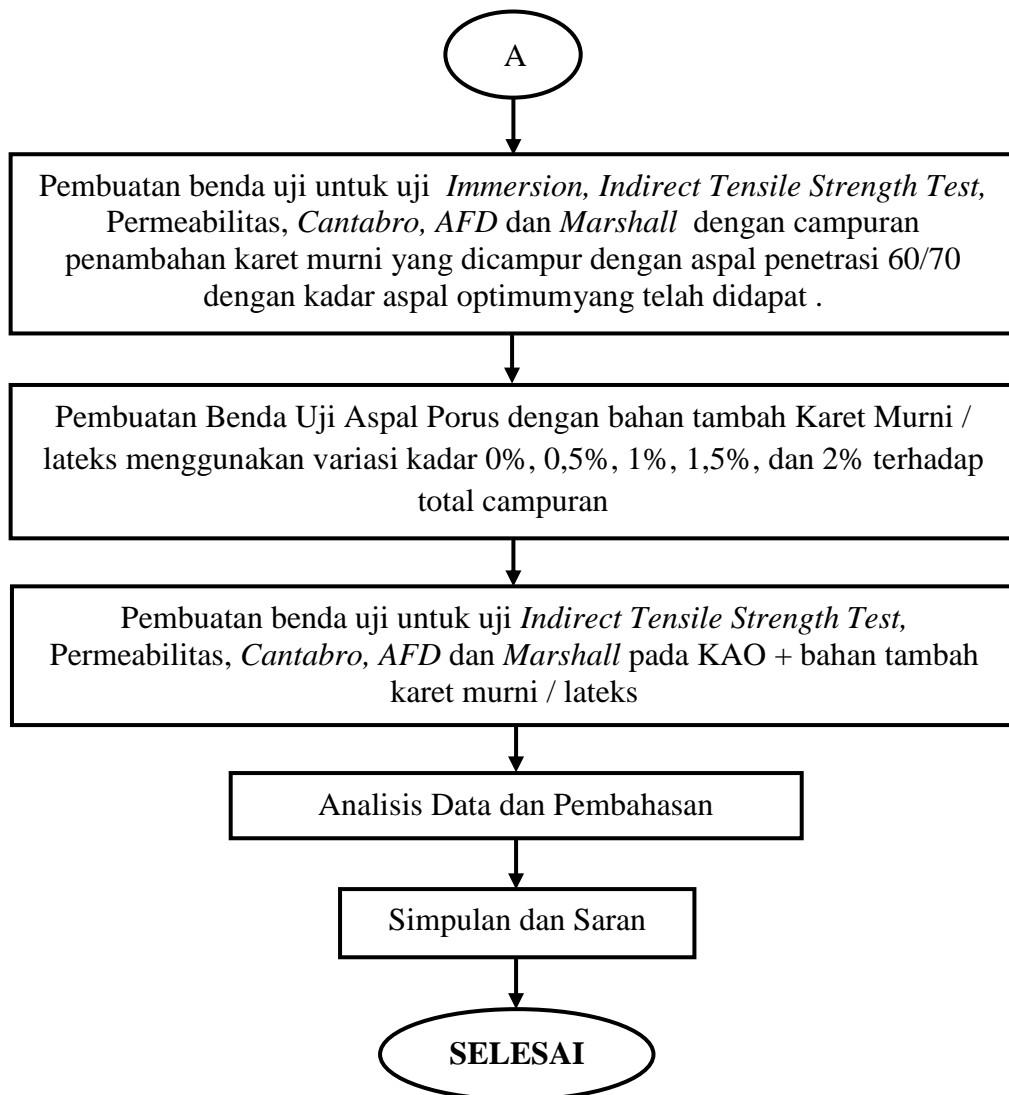
4.7.7 *Cantabro Test*

Pengujian *Cantabro* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*. diperoleh dari Persamaan 3.19.

4.8 Bagan Alir Metode Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapan-tahapan dalam menjalankan serangkaian penelitian. Adapun bagan alir metodologi penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 4.1 berikut.





Gambar 4.1 Bagan Alir

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian

5.1.1. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam pengujian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berat jenis karet murni. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1 sampai Lampiran 9.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian AC 60/70 dan Karet Murni (Lateks)

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 1.0	1,09	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	66	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	165	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	312	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,5	Memenuhi
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48	Memenuhi
7	Berat Jenis karet murni	-	1,05	-

5.1.2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal dengan Penambahan Karet Murni / Lateks

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan yaitu aspal dari PT.Pertamina pen 60/70. Jenis aspal mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap campuran aspal. Pada dasarnya aspal pen 60/70 sangat terpengaruh oleh perbedaan temperatur, oleh karena itu dilakukan pengujian viskositas untuk mengetahui suhu pencampuran dan pemadatan pada aspal tersebut menggunakan alat *saybolt furol* pada kedua kondisi yakni pada kondisi murni aspal pen 60/70 dan kondisi setelah adanya penambahan

aspal pen 60/70 dengan penambahan karet murni / lateks. Serta pengujian penetrasi, titik lembek dan indeks penetrasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik aspal setelah adanya penambahan karet murni / lateks. Dan untuk mempermudah pengujian maka pengujian dilakukan dengan menguji pada kondisi penambahan karet murni / lateks 0 %, 1%, dan 2% serta pada 0,5% dan 1,5% dilakukan interpolasi dari hasil pengujian tersebut.

Dalam standarisasi SNI 7729:2011 tentang peraturan temperatur aspal ini di bagi menjadi 2 yaitu temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan, oleh karena itu diberi standar dalam satuan *Centistokes* (Cst) yaitu $170 \text{ Cst} \pm 20 \text{ Cst}$ untuk temperatur pencampuran dan $280 \text{ Cst} \pm 20 \text{ Cst}$ untuk temperatur pemadatan. Sedang untuk penetrasi aspal adalah masuknya jarum penetrasi kedalam permukaan aspal dalam waktu 5 detik dengan beban 100 gram pada suhu 25°C . Untuk pengujian viskositas pada aspal pertamina pen 60/70, aspal dengan penambahan 10% dan penambahan 20 % dapat dilihat berurutan pada Tabel 5.3 , Tabel 5.4, dan Tabel 5.5 dibawah ini serta pengujian sifat fisik aspal dengan karet murni / lateks pada Tabel 5.7

Tabel 5.2 Hasil pengujian Viskositas Pen 60/70

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Uji (Detik)	Viskositas (Cst)	Suhu Pencampuran ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Pemadatan ($^{\circ}\text{C}$)
140	389	818,00	175	164
150	193	407,50		
160	106	222,85		

Tabel 5.3 Hasil pengujian Viskositas Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni / Lateks 1%

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Uji (Detik)	Viskositas (Cst)	Suhu Pencampuran ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Pemadatan ($^{\circ}\text{C}$)
170	110	234,58	179	170
180	74	155,33		

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Viskositas Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni / Lateks 2%

Suhu (°C)	Uji (Detik)	Viskositas (Cst)	Suhu Pencampuran (°C)	Suhu Pematatan (°C)
170	133	280,46	180	170
180	80	165,75		

Tabel 5.5 Rekap Hasil Pengujian Viskositas Aspal Pen 60/70 dengan Penambahan Karet Murni

Kadar karet murni (%)	Suhu	
	Pencampuran	Pematatan
0	175	164
0,5	177	167,5
1	179	170
1,5	180	171
2	180	170

Tabel 5.6 Rekap Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Dengan Penambahan Karet Murni / Lateks

Kadar Karet Murni (%)	Nilai Penetrasi (mm)	Nilai Titik Lembek (°C)	Nilai Indeks Penetrasi
0	65	48,25	-1,038
0,5	59	50,5	-0,690
1	54	54	-0,066
1,5	50	58	0,618
2	46	62,5	1,302

5.1.3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar dan agregat halus. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik agregat yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.8 dan 5.9.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,7	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	1,62	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	26,04	Memenuhi

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan		Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,6	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	2,8	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	71,08	Memenuhi

5.1.4. Gradasi Agregat untuk Campuran

Dalam penelitian ini gradasi yang digunakan dalam campuran Porus adalah gradasi seragam dengan spesifikasi menurut *AAPA* (2004) yang dapat dilihat pada Tabel 5.10 untuk kadar aspal 5%, Tabel 5.11 untuk kadar aspal 5,5%, Tabel 5.12 untuk kadar aspal 6%, Tabel 5.13 untuk kadar aspal 6,5%, Tabel 5.14 untuk kadar aspal 7% dibawah ini.

Tabel 5.9 Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 5,0%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5 mm						
1 "	25 mm						
3/4 "	19 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5	85,50	85,50
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5	684,00	769,50
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85,0	199,50	969,00
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90,0	57,00	1026,00
No. 30	0,600 mm	5	10	7,50	92,5	28,50	1054,50
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94,0	17,10	1071,60
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95,0	11,40	1083,00
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5	17,10	1100,10
Pan		0	0	0	100	39,90	1140,00
Jumlah						1140	

Tabel 5.10 Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 5,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5 mm						
1 "	25 mm						
3/4 "	19 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5	85,05	85,05
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5	680,40	765,45
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85,0	198,45	963,90
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90,0	56,70	1020,60
No. 30	0,600 mm	5	10	7,50	92,5	28,35	1048,95
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94,0	17,01	1065,96
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95,0	11,34	1077,30
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5	17,01	1094,31
Pan		0	0	0	100	39,69	1134,00
Jumlah						1134	

Tabel 5.11 Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 6%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5 mm						
1 "	25 mm						
3/4 "	19 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5	84,60	84,60
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5	676,80	761,40
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85,0	197,40	958,80
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90,0	56,40	1015,20
No. 30	0,600 mm	5	10	7,50	92,5	28,20	1043,40
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94,0	16,92	1060,32
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95,0	11,28	1071,60
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5	16,92	1088,52
Pan		0	0	0	100	39,48	1128,00
Jumlah						1128	

Tabel 5.12 Kebutuhan Jumlah Agregat pada campuran dengan Kadar Aspal 6,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5 mm						
1 "	25 mm						
3/4 "	19 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0,0	0	0,00
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5	84,15	84,15
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5	673,20	757,35
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85,0	196,35	953,70
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90,0	56,10	1009,80
No. 30	0,600 mm	5	10	7,50	92,5	28,05	1037,85
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94,0	16,83	1054,68
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95,0	11,22	1065,90
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5	16,83	1082,73
Pan		0	0	0	100	39,27	1122,00
Jumlah						1122	

Tabel 5.13 Kebutuhan Jumlah Agregat pada Campuran dengan Kadar Aspal 7%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5 mm						
1 "	25 mm						
3/4 "	19 mm	100	100	100	0	0	0,00
1/2 "	12,5 mm	100	100	100	0	0	0,00
3/8 "	9,5 mm	85	100	92,5	7,5	83,70	83,70
No. 4	4,75 mm	20	45	32,5	67,5	669,60	753,30
No. 8	2,36 mm	10	20	15	85	195,30	948,60
No. 16	1,18 mm	6	14	10	90	55,80	1004,40
No. 30	0,600 mm	5	10	7,50	92,5	27,90	1032,30
No. 50	0,300 mm	4	8	6	94	16,74	1049,04
No. 100	0,150 mm	3	7	5	95	11,16	1060,20
No. 200	0,075 mm	2	5	3,5	96,5	16,74	1076,94
Pan		0	0	0	100	39,06	1116,00
Jumlah						1116	

5.1.5. Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus untuk Mencari Nilai Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil FTSP UII didapatkan nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *MQ* (*Marshal Quotient*), kepadatan (*density*), *AFD* (*Asphalt Flow Down*), dan *Cantabro* dari campuran Aspal porus dengan Aspal Pen 60/70 yang belum ditambahkan karet murni / lateks. Nilai-nilai dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15, Tabel 5.16, dan Tabel 5.17, kemudian hasil tabel tersebut digambarkan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.3 untuk menentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum dihitung berdasarkan kriteria perencanaan dari metode Australia, dengan cara nilai *Cantabro loss* 35% diset untuk mendapatkan kadar aspal minimum yaitu 5,0%, kemudian nilai *VITM* 18% diset untuk mendapatkan kadar aspal maksimum yaitu 5,15%. Kadar aspal rata-rata didapat sebesar 5,08% kemudian diplot pada grafik *asphalt flow down* dan mendapatkan nilai 0,17%. Kadar aspal optimum merupakan penjumlahan nilai kasar aspal rata-

rata dengan nilai *asphalt flow down*, sehingga didapat nilai 5,25%. Penentuan nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.3.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Marshall* Pada Masing-Masing Campuran untuk Mencari KAO

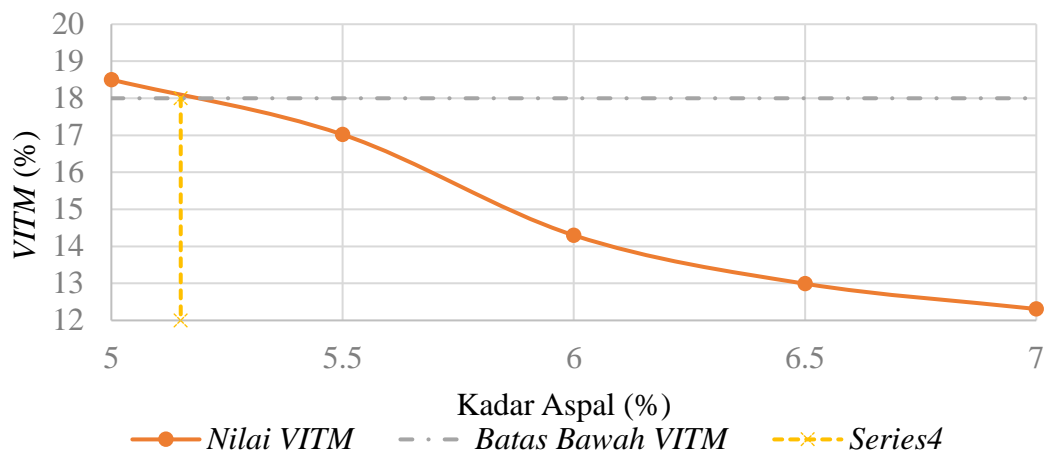
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
5	554,78	2,63	211,86	18,50	33,73	28,48	2,049
5,5	754,32	3,12	244,29	17,05	36,69	28,22	2,046
6	752,00	3,35	240,21	14,30	45,12	26,00	2,126
6,5	707,08	3,43	206,40	12,99	51,52	25,77	2,143
7	691,34	3,30	209,62	12,31	52,88	26,09	2,146
Spesifikasi	> 500	2 - 6	< 400	18 - 25			

Tabel 5.15 Hasil Pengujian *Cantabro* Pada Masing-Masing Campuran untuk Mencari KAO

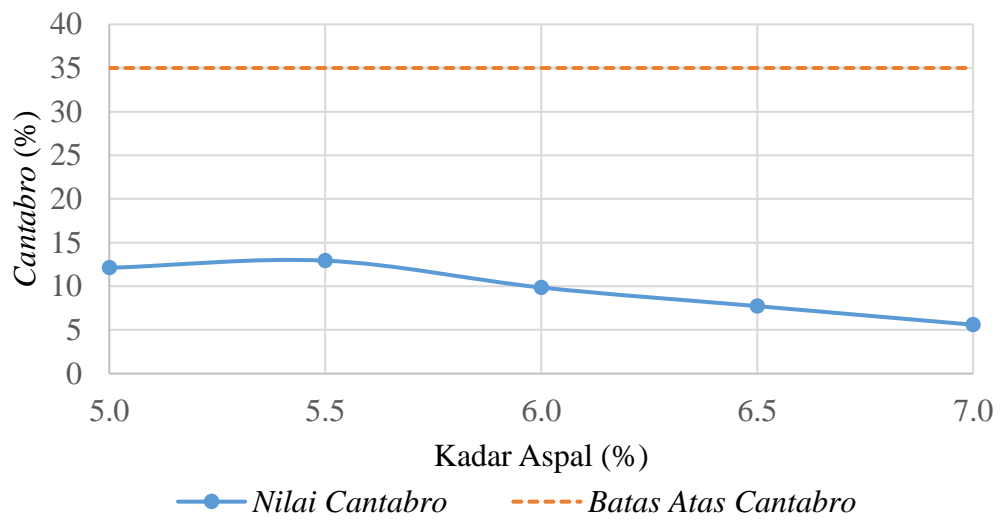
Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Cantabro</i>
5	12,12
5,5	12,94
6	9,86
6,5	7,73
7	5,60

Tabel 5.16 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* pada Masing-Masing Campuran untuk Mencari KAO

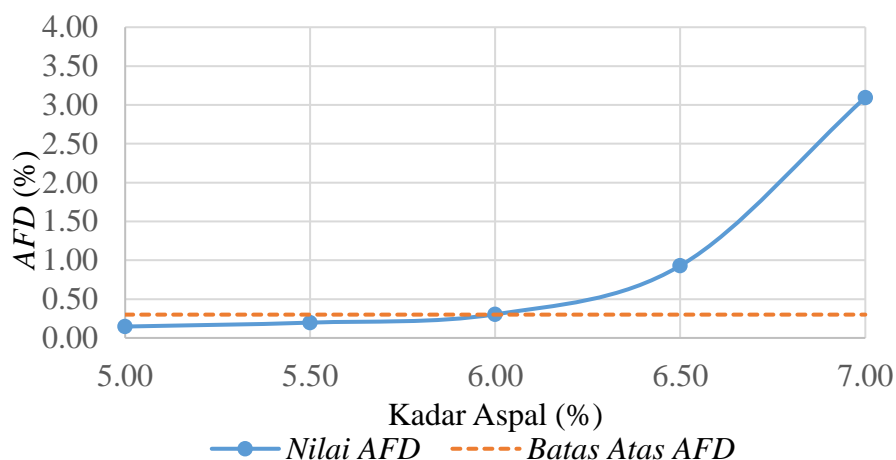
Kadar Aspal (%)	Nilai <i>AFD</i>
5	0,15
5,5	0,20
6	0,30
6,5	0,93
7	3,09



Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Nilai Kadar Aspal dengan Nilai *VITM*



Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Nilai Kadar dengan Nilai *Cantabro Loss*



Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Nilai Kadar dengan Nilai Asphalt Flow Down

5.1.6. Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal Optimum

Gradasi agregat setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum direncanakan kemudian sesuai nilai KAO yang didapatkan. Kebutuhan Agregat pada campuran aspal porus pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Optimum 5,25%

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)		
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	
1 1/2 "	37,5	mm							
1 "	25	mm							
3/4 "	19	mm	100	100	100	0,0	0	0,00	
1/2 "	12,5	mm	100	100	100	0,0	0	0,00	
3/8 "	9,5	mm	85	100	92,5	7,5	85,28	85,28	
No. 4	4,75	mm	20	45	32,5	67,5	682,20	767,48	
No. 8	2,36	mm	10	20	15	85,0	198,98	966,45	
No. 16	1,18	mm	6	14	10	90,0	56,85	1023,30	
No. 30	0,600	mm	5	10	7,50	92,5	28,43	1051,73	
No. 50	0,300	mm	4	8	6	94,0	17,05	1068,78	
No. 100	0,150	mm	3	7	5	95,0	11,37	1080,15	
No. 200	0,075	mm	2	5	3,5	96,5	17,06	1097,21	
Pan			0	0	0	100	39,80	1137,00	
Jumlah								1137	

5.1.7. Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus dengan penambahan Karet Murni / Lateks pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa berat jenis karet murni / lateks memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan aspal pen 60/70, perbedaan sifat bahan tersebut juga berpengaruh terhadap campuran aspal porus.

Hasil pengujian campuran aspal porus pada kadar aspal optimum meliputi *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, Permeabilitas, *Asphalt Flow Down* dan *Cantabro* dapat dilihat pada Tabel 5.19 Tabel 5.20 Tabel 5.21 Tabel 5.23 Tabel 5.24 sedangkan analisis statistik ditampilkan dalam Tabel 5.25 dan Tabel 5.26. Untuk Hasil dari pengujian diatas selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 16 sampai dengan Lampiran 20.

Tabel 5.18 Hasil Uji Marshall Pada KAO

Kadar Karet Murni (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	552,18	2,80	197,59	18,29	36,17	28,31	2,07
0.5	589,02	3,34	194,34	18,35	35,78	28,87	2,06
1	675,74	3,55	192,15	18,22	36,35	28,58	2,07
1.5	785,99	3,50	226,03	17,63	37,33	28,04	2,09
2	807,50	3,01	270,35	17,01	37,89	27,37	2,11
Spesifikasi	> 500	2 - 6	< 400	18 - 25			

Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Index of Retained Strength*

Kadar Karet Murni (%)	Lama Perendaman		<i>Index of Retained Strength (%)</i>
	0,5 Jam	24 Jam	
0	552	429	77,614
0,5	589	457	77,578
1	676	520	76,914
1,5	786	594	75,597
2	808	610	75,518

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Kadar penambahan lateks (%)	Nilai <i>ITS</i> (kg/cm ²)
0	9,07
0,5	7,86
1	7,16
1,5	7,11
2	7,749

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas pada Tekanan 1.1 dan Tekanan 2.2

Benda Uji	Nilai Stabilitas (cm/dtk)		Keterangan
	Tekanan 1.1	Tekanan 2.2	
0	4,85	3,87	Drainasi Sangat Baik
0,5	4,37	3,73	Drainasi Sangat Baik
1	4,11	3,61	Drainasi Sangat Baik
1,5	3,94	3,54	Drainasi Sangat Baik
2	3,78	3,54	Drainasi Sangat Baik

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down*

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>AFD</i> (%)
0	0,15
0,5	0,22
1	0,45
1,5	1,06
2	1,31

Tabel 5.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Cantabro*

Kadar Karet (%)	Nilai <i>Cantabro</i>
0	14,63
0,5	8,37
1	9,25
1,5	7,02
2	2,98

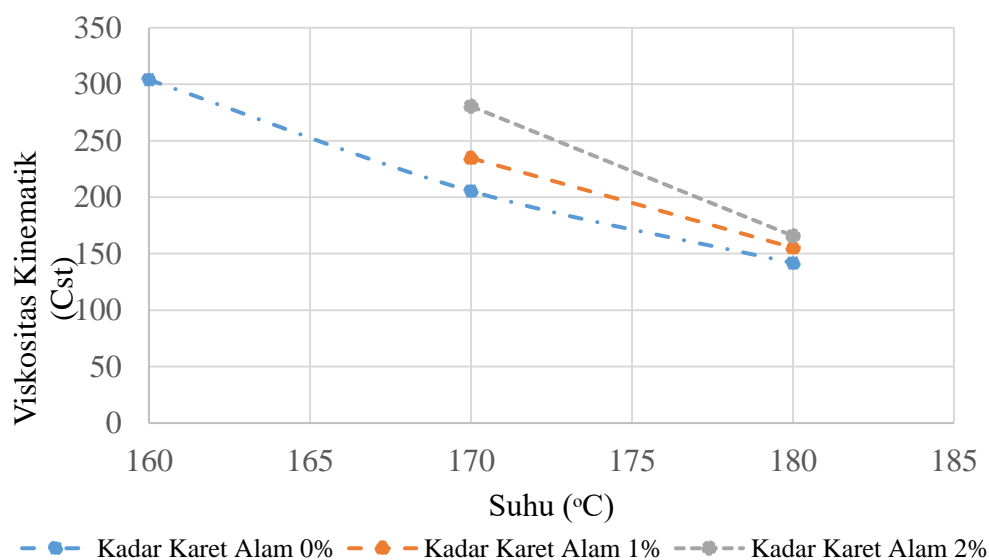
5.2 Pembahasan

5.2.1. Karakteristik Aspal

Berikut merupakan pembahasan dari hasil pengujian karakteristik aspal pen 60/70 dengan adanya penambahan karet murni / lateks. Pembahasan karakteristik aspal dengan karet murni / lateks adalah sebagai berikut.

1. Viskositas

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian viskositas aspal dengan alat *Viscometer Syabolt Furol*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui suhu pencampuran dan pemadatan benda uji aspal beton. Temperatur pencampuran diperoleh pada saat aspal mempunyai nilai *centistokes* (Cst) yaitu 170 ± 20 Cst dan suhu pemadatan diperoleh pada saat aspal mempunyai nilai *centistokes* (Cst) yaitu $280 \pm$ Cst.



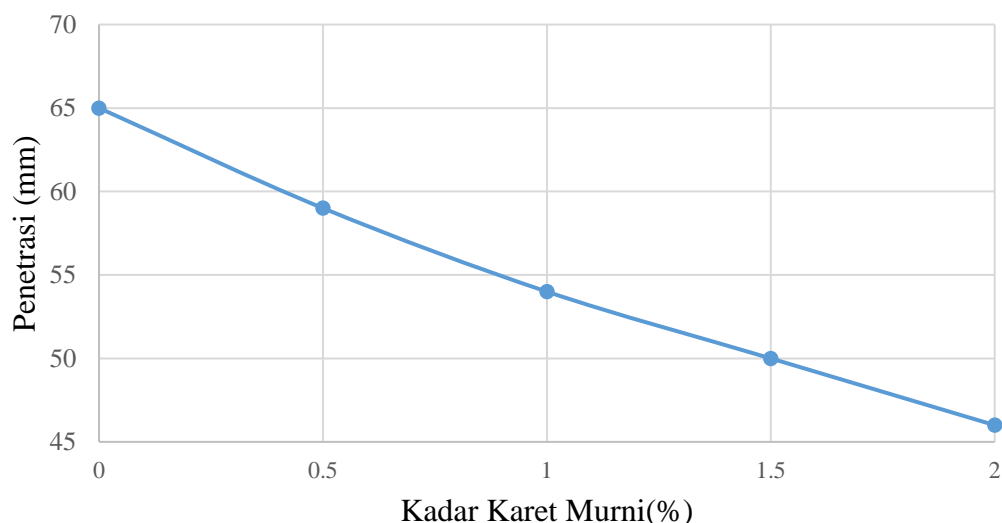
Gambar 5.4 Grafik hubungan antara Temperatur dengan Nilai Kekentalan Kinematik

Dari grafik pada Gambar 5.4 diperoleh bahwa viskositas aspal dengan kadar karet murni berbeda-beda, suhu pencampuran dan pemadatan pastinya berbeda karena adanya penambahan karet murni tersebut. Dapat dilihat pada grafik 5.4 semakin banyaknya kadar penambahan karet murni maka nilai viskositas kinematik semakin rendah. Nilai viskositas tertinggi pada kadar aspal dengan penambahan

karet murni 2% yaitu suhu pencampuran sebesar 180 °C serta suhu pemadatan 170 °C dan nilai terendah terdapat pada kadar karet murni 0% yaitu suhu pencampuran sebesar 175°C serta suhu pemadatan 164°C.

2. Penetrasi

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk menentukan kekerasan aspal dengan beban dan waktu pada suhu tertentu. Karena aspal yang digunakan adalah aspal AC 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina Cilacap.

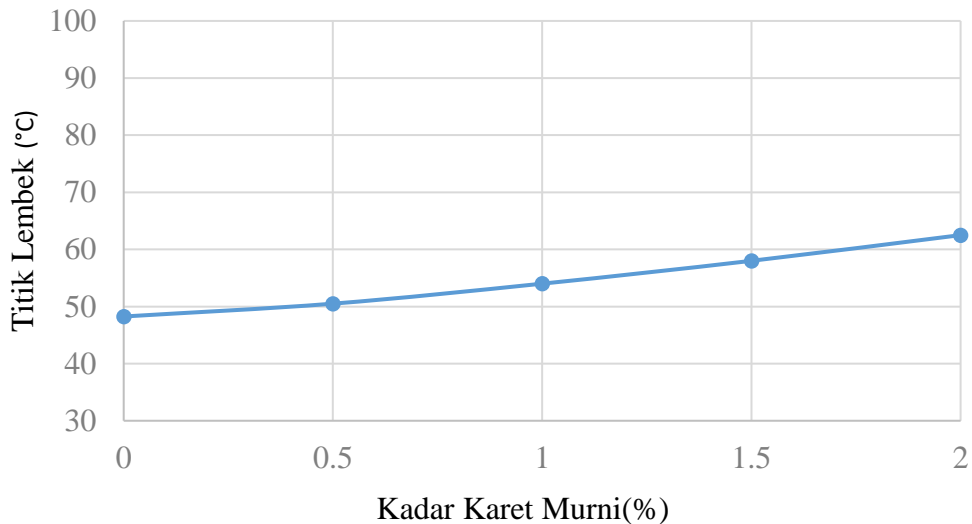


Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni dengan Nilai Penetrasi

Grafik di atas menggambarkan hubungan kadar penambahan karet murni dengan nilai penetrasi. Hasil pengujian penetrasi Aspal pen 60/70 dengan penambahan 0% karet murni menunjukkan nilai sebesar 65 mm, dan dengan seiring penambahan karet murni / lateks nilai penetrasi semakin kecil. Nilai penetrasi paling rendah pada aspal yang telah ditambahkan dengan karet murni adalah dengan kadar tertinggi 2% yaitu sebesar 46 mm seperti yang tertera pada Gambar 5.5. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan karet murni ke dalam campuran aspal pen 60/70 maka sifat campuran aspal berubah menjadi keras pada suhu ruangan dan lunak pada suhu yang semakin tinggi.

3. Titik Lembek

Pengujian titik lembek bertujuan untuk mengetahui pada temperatur berapa aspal mulai lembek pada suhu tertentu. Berikut merupakan hasil pengujian titik lembek aspal dengan adanya penambahan karet murni.

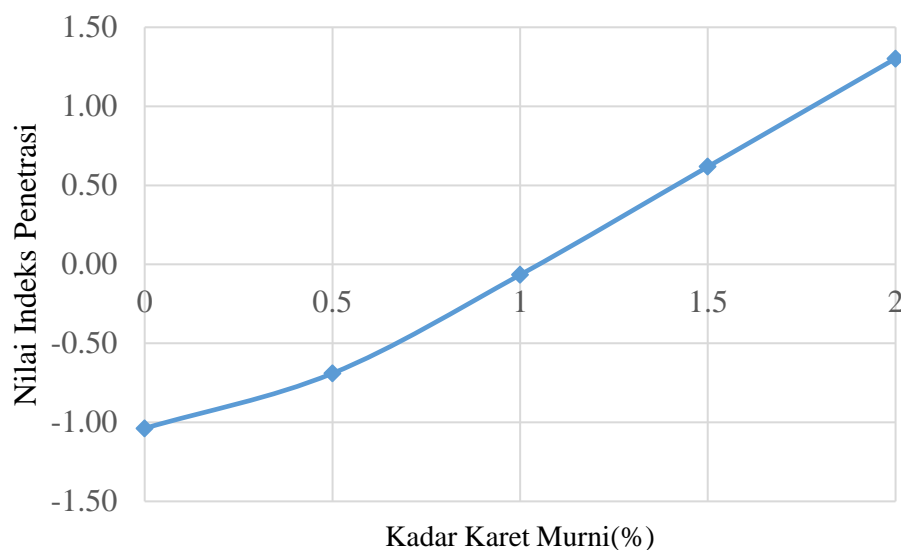


Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni dengan Titik Lembek

Hasil pengujian titik lembek pada aspal pen 60/70 menunjukkan nilai sebesar 48,25°C dan nilai titik lembek pada aspal pen 60/70 yang telah ditambahkan karet murni mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar karet murni / lateks. Nilai tertinggi titik lembek pada aspal pen 60/70 dengan kadar karet murni / lateks 2% memiliki nilai yaitu 63°C seperti yang tertera pada Gambar 5.6. Kenaikan nilai yang terjadi pada titik lembek tersebut merupakan akibat adanya penambahan karet murni / lateks dalam aspal pen 60/70, yang mana dengan semakin bertambahnya kadar karet murni / lateks yang diberikan nilai temperatur aspal saat mulai melembek semakin tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan karena tidak mudah meleleh pada suhu ekstrimnya. Hasil ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 untuk aspal pen 60/70 ataupun yang telah ditambahkan karet murni / lateks yaitu $\geq 48^{\circ}\text{C}$.

4. Indeks Penetrasi

Perhitungan indeks penetrasi bertujuan untuk mengetahui nilai perubahan konsistensi aspal dengan berubahnya temperatur aspal. Grafik tersebut merupakan hasil perhitungan indeks penetrasi aspal dengan adanya penambahan karet murni / lateks.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Indeks Penetrasi

Hasil pengujian indeks penetrasi pada aspal pen 60/70 sebesar -01,038 dan nilai indeks penetrasi pada aspal pen 60/70 yang telah ditambahkan karet murni / lateks semakin bertambah besar seiring bertambahnya kadar karet murni / lateks. Nilai pada kadar penambahan karet murni / Lateks tertinggi 2% menunjukkan nilai indeks penetrasi sebesar 1,302 yang dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.7. Nilai indeks penetrasi yang semakin besar dapat memperkecil resiko deformasi campuran. Pada umumnya sebagian besar nilai indeks penetrasi yang sering digunakan antara -1 dan +1, jika nilai indeks penetrasi semakin kecil maka sifat kepekaan terhadap suhu meningkat dan sebaliknya semakin tidak peka jika nilai indeks penetrasi semakin besar. Aspal dengan karet murni / lateks menunjukkan ketidakpekaan terhadap suhu karena nilai indeks penetrasi semakin meningkat.

5.2.2. Tinjauan Karakteristik *Marshall* Standar

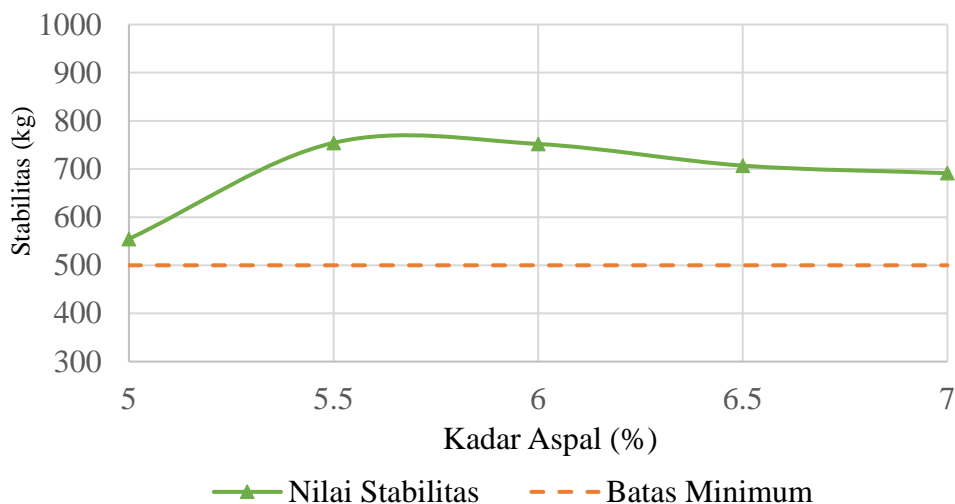
Berikut merupakan pembahasan dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* campuran Aspal porus dalam kondisi standar. Pembahasan karakteristik *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas

Stabilitas yaitu beban yang dapat ditahan campuran perkerasan sampai terjadi kelelahan plastis. Semakin tinggi nilai stabilitas, maka semakin tinggi kemampuan campuran perkerasan dalam menahan beban lalu lintas. Nilai stabilitas didapat langsung dari hasil pembacaan pada alat *Marshall* pada saat pengujian. Gaya saling mengunci antar batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*) dapat mempengaruhi nilai stabilitas, sedangkan gaya saling mengunci antar batuan (*internal friction*) tergantung dari tekstur permukaan, bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal.

Nilai stabilitas naik bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas optimum, dan penambahan kadar aspal menurunkan nilai stabilitas. Hal ini karena aspal yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum, sehingga gaya saling mengunci antar agregat pada campuran mengalami penurunan.

Stabilitas yang rendah menyebabkan perkerasan mengalami *rutting* karena perkerasan cenderung fleksibel, sedangkan stabilitas yang tinggi menyebabkan perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai stabilitas pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

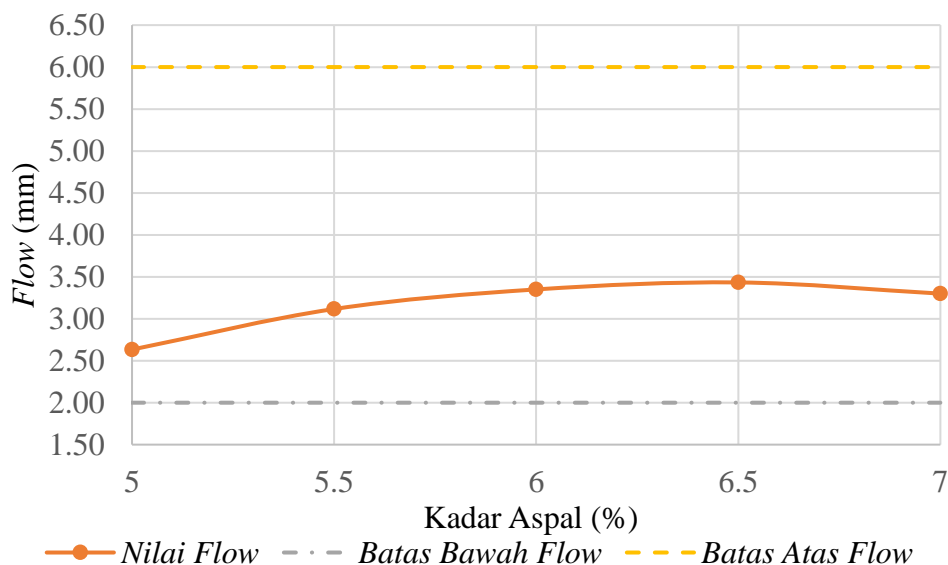
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.8 diatas bahwa semakin besar penambahan kadar aspal pada campuran maka stabilitas yang semula naik menjadi turun setelah mencapai batas optimum. Aspal porus merupakan gradasi senjang yang mana nilai stabilitasnya tidak cukup tinggi karena adanya rongga yang besar pada campuran beraspal, yang mana luas permukaan butiran agregat yang harus diselimuti aspal relatif lebih sedikit dibandingkan dengan gradasi rapat. Dengan terpenuhinya permukaan agregat yang terselimuti maka stabilitas mencapai batas maksimum dan berkurang ketahanannya setelah seluruh permukaan agregat telah terselimuti. Sehingga dengan penambahan kadar aspal nilai stabilitas mengalami peningkatan hingga mencapai batas optimum dan menurun akibat kadar aspal yang melebihi kadar optimum.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai stabilitas campuran aspal porus semakin meningkat dengan adanya penambahan karet murni dan nilai paling rendah sebesar 554,78 kg pada kadar aspal 5 % sedangkan nilai stabilitas paling tinggi pada aspal porus yaitu 754,32 kg pada kadar aspal 5,5%. Dari nilai stabilitas yang didapat dari pengujian tersebut, didapatkan bahwa nilai Stabilitas standar dengan aspal pertamina Pen 60/70 yang memenuhi persyaratan AAPA (2004) minimal 500 kg.

2. Flow

Kelelahan (*Flow*) menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran, yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Semakin tinggi nilai kelelahan (*Flow*) suatu campuran, maka semakin tinggi pula kelenturan lapis permukaan, tingkat kelelahan tersebut dipengaruhi oleh persen kadar aspal dan nilai daktilitas campuran. Semakin rendah nilai daktilitas campuran, maka semakin rendah fleksibilitas lapis perkerasan.

Campuran dengan nilai *flow* rendah dan dengan nilai stabilitas tinggi menyebabkan campuran mudah retak apabila menerima beban, ini dikarenakan semakin rendah nilai *flow* dan semakin tinggi nilai stabilitas maka campuran cenderung kaku, apabila nilai *flow* yang tinggi dengan nilai stabilitas yang rendah, menyebabkan campuran mudah berubah bentuk bila menerima beban, karena campuran menjadi lebih plastis. Nilai *flow* dipengaruhi oleh faktor gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperature pemadatan. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *flow* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Flow

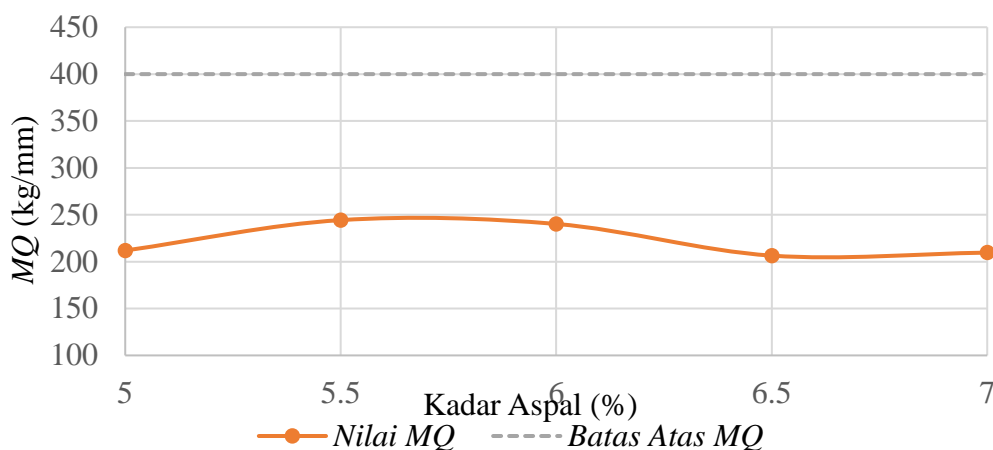
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya jumlah kadar aspal nilai *flow* menunjukkan kecenderungan meningkat. Peningkatan nilai *flow* campuran aspal porus pada kadar aspal ini disebabkan kadar aspal yang bertambah dalam pengikatan agregat, menyebabkan campuran menjadi lebih kaku dan jika menerima beban maka deformasi plastis semakin lebih besar dan akan terjadi retak..

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *flow* campuran Aspal porus yang terendah pada kadar aspal 5 % sebesar 2,63 mm dan paling tinggi pada kadar aspal 6,5% sebesar 3,35 mm. Dari nilai *flow* yang didapat dari pengujian tersebut, maka sesuai dengan spesifikasi AAPA (2004) minimal 2-6 mm.

3. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient yaitu merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Fleksibilitas dipengaruhi juga oleh kadar aspal, semakin besar kadar aspal, maka fleksibilitas juga semakin besar, dan turun setelah mencapai batas optimum aspal, karena aspal yang berfungsi sebagai pengikat, setelah mencapai batas optimum berubah menjadi pelicin. Perkerasan menjadi kaku dan getas, apabila nilai stabilitas tinggi, sedangkan nilai *flow* rendah. Sebaliknya perkerasan menjadi plastis dan mengalami deformasi apabila menerima beban lalu lintas.

Nilai *Marshall Quotient* adalah perbandingan antar nilai stabilitas dan nilai *flow*, sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan nilai *flow*, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperature pemadatan, juga dapat mempengaruhi nilai dari *Marshall Quotient*. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *Marshall Quotient* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai Marshall Quotient

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 dapat dilihat nilai *MQ* memberikan gambaran bahwa bertambahnya jumlah kadar aspal nilai *MQ* naik dan menurun setelah mencapai batas optimum, hal ini mengindikasikan bahwa aspal yang melekat dan terabsorpsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran aspal porus sehingga tahan terhadap beban deformasi.

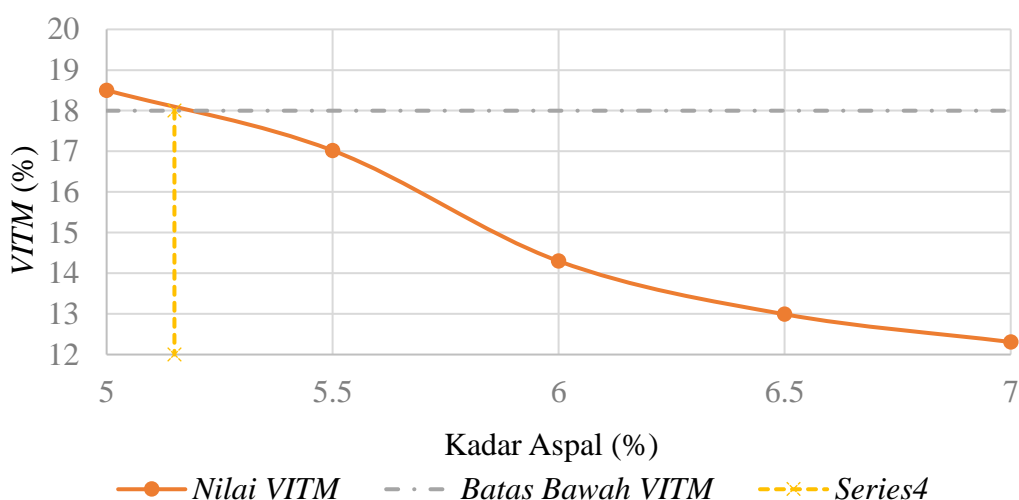
Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *Marshall Quotient* campuran dengan kadar aspal 6,5% paling rendah sebesar 206,40 (kg/mm) dan paling tinggi pada kadar aspal 5,5% sebesar 244,29 (kg/mm). Dari nilai *Marshall Quotient* yang didapat dari pengujian tersebut, maka semua kadar aspal dan agregat clereng memenuhi persyaratan *Marshall Quotient* AAPA (2004) maksimal 400 (kg/mm).

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

VITM adalah persentase rongga udara dalam campuran terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Nilai *VITM* yang terlalu rendah dapat menyebabkan campuran mudah terjadi *bleeding*, aspal dalam campuran mengalir diantara rongga agregat, ini bisa diakibatkan oleh tingginya temperatur, sehingga aspal dalam campuran mencair saat menerima beban. Nilai *VITM* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kelelahan yang semakin cepat berupa alur retak, dan menyebabkan aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap terhadap agregat, karena nilai *VITM* yang tinggi menunjukkan

rongga yang terdapat dalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara.

AAPA (2004) mensyaratkan batas nilai *VITM* pada aspal porus sebesar 18%-25%, karena pada batas tersebut campuran memiliki rongga yang cukup besar, sehingga campuran mudah meloloskan air sebagai fungsi dari besarnya porositas tersebut tetapi tidak memiliki keawetan dan campuran mengalami deformasi plastis. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VITM* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *VITM*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal dari kadar 5%-7% nilai *VITM* semakin menurun, karena rongga udara terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, campuran menjadi semakin rapat.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *VITM* campuran dengan kadar aspal 5% memiliki nilai paling tinggi sebesar 18,50%, paling rendah sebesar 12,31% pada kadar aspal 7%. Dari nilai *VITM* yang didapat dari pengujian tersebut, dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal yang memenuhi batas minimum dan batas maksimum persyaratan AAPA (2004), yaitu pada kadar aspal 5%. Kecilnya persen rongga pada campuran disebabkan karena besarnya kadar aspal yang menyelimuti agregat. Hal ini menyebabkan sisa aspal dapat menutupi rongga

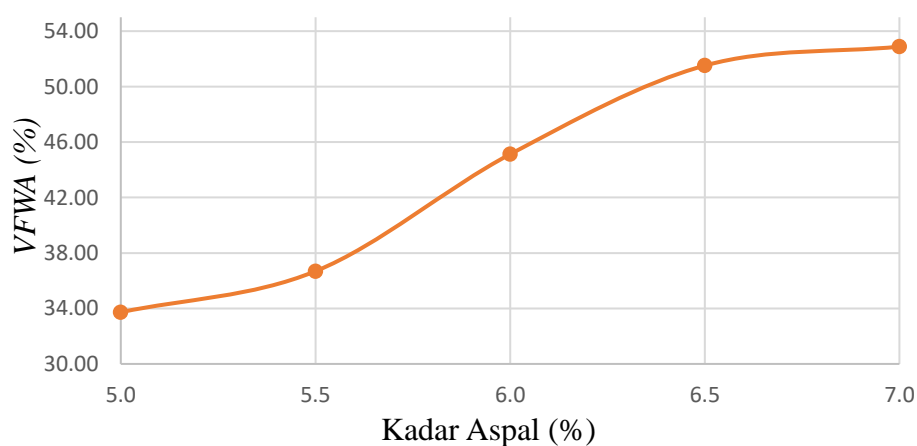
menjadi lebih kecil, sehingga banyaknya persen rongga dalam campuran semakin mengecil.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

VFWA menunjukkan persentase rongga dalam campuran aspal yang telah terisi aspal, sehingga semakin bertambahnya kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin bertambah. Semakin tinggi nilai *VFWA* maka campuran semakin kedap terhadap air dan udara, sehingga campuran semakin awet. *VFWA* dipengaruhi oleh faktor gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperature pemadatan.

Nilai *VFWA* yang tinggi menyebabkan rongga yang ada terlalu kecil, sehingga campuran mudah terjadi *bleeding*, ini dikarenakan aspal mencari tempat yang kosong pada saat menerima beban, dan rongga yang tersedia kecil maka aspal naik ke permukaan, terutama pada temperature tinggi. Nilai *VFWA* yang rendah dapat menyebabkan rongga yang ada terlalu besar, sehingga lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, yang menyebabkan air dan udara mudah melarutkan bagian aspal yang teroksidasi, sehingga campuran berkurang keawetannya.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VFWA* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *VFWA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin bertambah. Faktor yang mempengaruhi adalah gradasi agregat yang tergolong senjang mempunyai nilai

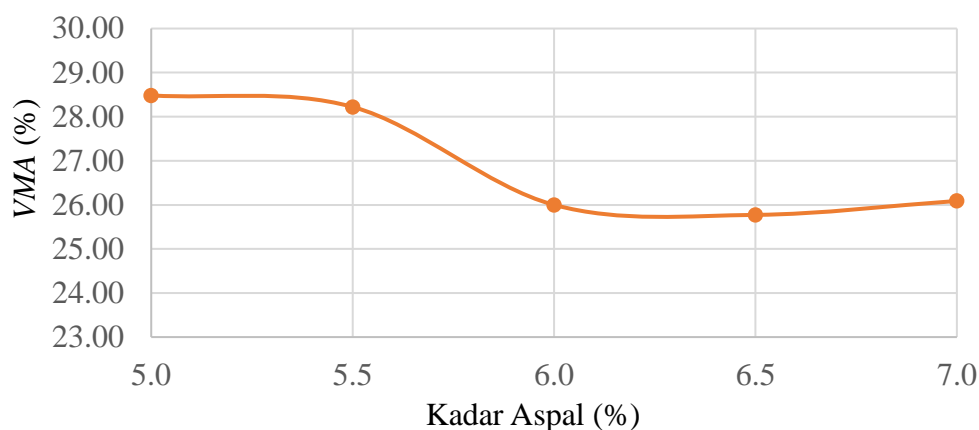
VFWA yang kecil. Hal ini terjadi karena penyerapan yang terjadi pada gradasi senjang cukup besar dan mengakibatkan aspal yang diserap oleh agregat juga besar, sehingga sisa aspal yang menutup rongga menjadi lebih kecil dan banyaknya persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi kecil.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *VFWA* campuran dengan kadar aspal 5% memiliki nilai paling rendah sebesar 33,73% dan paling tinggi sebesar 52,88% pada kadar aspal 7%. Dari nilai *VFWA* yang didapat dari pengujian tersebut, dapat dilihat nilai *VFWA* pada semua kadar tidak memiliki nilai yang rendah dan dalam *AAPA* (2004) tidak disyaratkan batas nilai dari *VFWA* tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperatur pemadatan.

6. *VMA* (*Void in Mineral Agregate*)

VMA yaitu persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang tersedia untuk ditempati aspal dan udara. Nilai *VMA* naik berdasarkan naiknya kadar aspal, dan semakin tinggi nilai *VMA* maka kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal. Namun nilai *VMA* yang tinggi menyebabkan campuran mudah mengalami *bleeding*, sebaliknya jika nilai *VMA* rendah maka lapisan kurang dapat mengikat aspal, sehingga lapisan mudah retak.

Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai *VMA* maka kedap campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VMA* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai VMA

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa dengan kadar aspal yang semakin meningkat nilai *VMA* menjadi menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal dan meningkat setelah mencapai batas optimum yang menyebabkan *film* aspal lebih tipis dan *film* semakin tebal setelah mencapai batas optimum, sehingga jarak angregat semakin besar

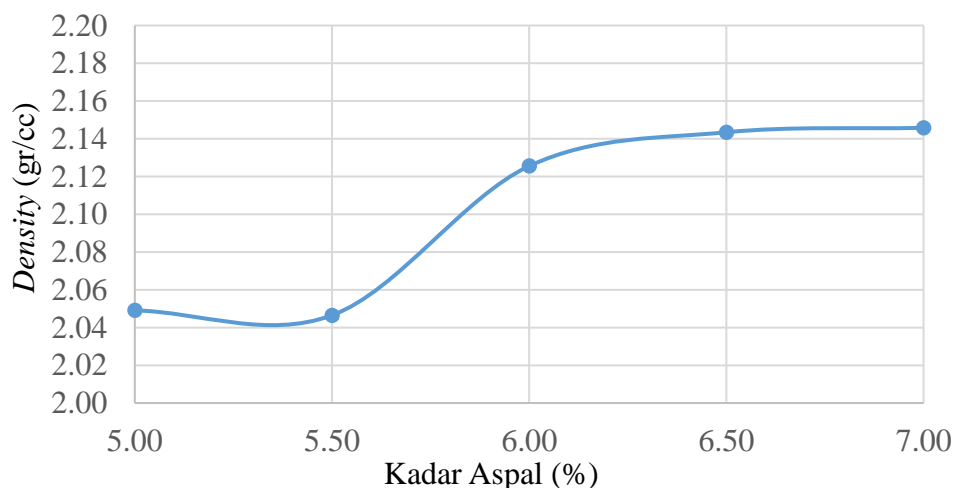
Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *VMA* campuran dengan kadar aspal 6,5% memiliki nilai paling rendah sebesar 25,77% paling tinggi sebesar 28,48 % pada kadar aspal 5%. Dari nilai *VMA* yang didapat dari pengujian tersebut, dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada kadar aspal yang semakin bertambah maka mengalami penurunan dan kemudian nilai *VMA* meningkat setelah mencapai batas optimum. Ini dikarenakan pada kadar aspal yang rendah, rongga yang tersedia untuk ditempati aspal juga semakin rendah, dan begitu pula sebaliknya kadar aspal tinggi maka rongga yang tersedia juga tinggi.

7. Density

Density yaitu kepadatan suatu campuran yang diukur setiap satuan volume. Semakin tinggi nilai *density* maka semakin kuat campuran dapat menahan beban, karena campuran semakin padat dan semakin rapat. Semakin meningkatnya kadar aspal maka campuran semakin rapat dan padat, karena semakin meningkatnya kadar aspal, maka semakin besar juga jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar

butir. Nilai *density* dapat dipengaruhi oleh faktor gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperature pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *density* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14 berikut ini.

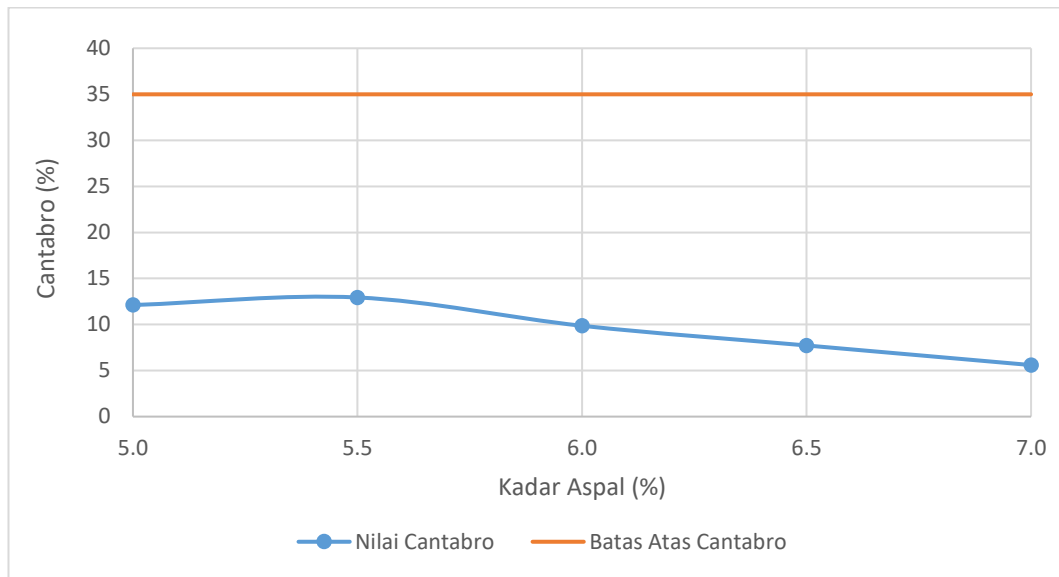


Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *Density*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 dapat dilihat semakin besar kadar aspal menaikkan nilai *density*. Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai *density* campuran aspal porous dengan kadar aspal 5,5% memiliki nilai paling rendah sebesar 2,046 (gr/cc) dan paling tinggi sebesar 2,146 (gr/cc) pada kadar aspal 7%. Dalam spesifikasi teknik campuran aspal porous tidak ada persyaratan khusus mengenai nilai *density*. Nilai *density* digunakan untuk persyaratan teknis lapangan, yaitu kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium.

5.2.3. Tinjauan Karakteristik *Cantabro* Standar

Pengujian *Cantabro* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat pada campuran dilakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles* dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan *AAPA* (2004). Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angeles*. Gambar hasil pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada pada Gambar 5.15.



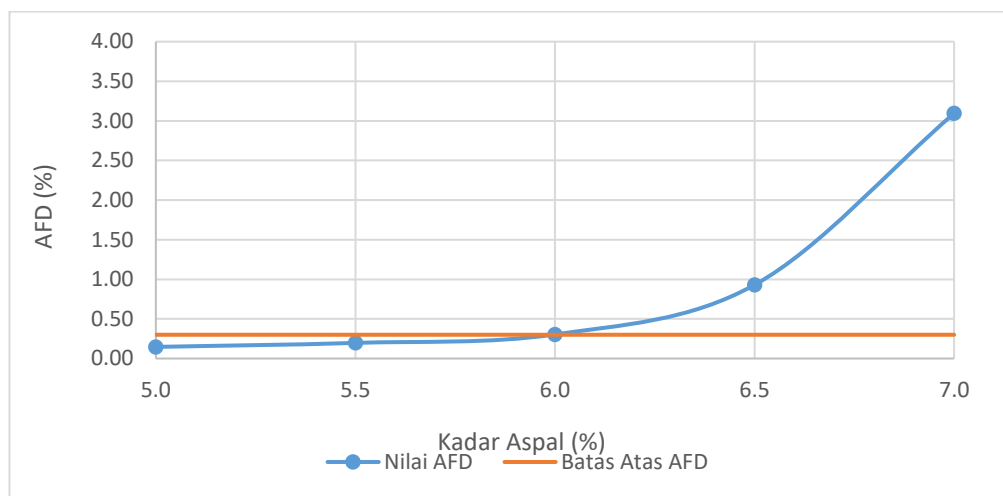
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *Cantabro*

Dari Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* semakin menurun dengan meningkatnya jumlah kadar aspal. Semakin menurunnya kehilangan berat artinya tahan terhadap benturan. Hal ini disebabkan oleh persen kadar aspal yang meningkat karena dengan meningkatnya kadar aspal maka daya ikat campuran antara agregat dan aspal semakin baik sehingga menaikkan kemampuan campuran aspal porus untuk tahan terhadap benturan.

Hasil dari uji *Cantabro* didapat nilai kehilangan berat terhadap penambahan persentase kadar aspal pada kadar 5% yaitu sebesar 12,12% dan jumlah kadar aspal 7% yaitu sebesar 5,60%. *AAPA* (2004) mensyaratkan batas nilai *Cantabro* pada aspal porus sebesar maksimal 35%, karena pada batas tersebut campuran memiliki ketahanan yang cukup untuk menerima beban yang diberikan.

5.2.4 Tinjauan Karakteristik *Asphalt Flow Down Standar*

Pengujian *Asphalt Flow Down* dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadi pemisahan pemisahan aspal dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan *AAPA* (2004)



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *Asphalt Flow Down*

Berdasarkan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai *Asphalt Flow Down* semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar aspal, meskipun demikian peningkatan pada nilai *Asphalt Flow Down* signifikan pada peralihan kadar 6% sampai 7%. Peningkatan pada hasil pengujian *Asphalt Flow Down* menunjukkan bahwa pemisahan antara aspal dengan agregat semakin meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, ini disebabkan film yang menyelimuti agregat semakin tebal dengan bertambahnya presentase kadar aspal sehingga aspal yang melekat paling luar dapat meleleh dan terpisah dari ikatan campuran.

Hasil dari uji *Asphalt Flow Down* didapat nilai pemisahan aspal terhadap penambahan persentase kadar aspal pada kadar 5% yaitu sebesar 0,15% dan jumlah kadar aspal 7% yaitu sebesar 3,09%. AAPA (2004) mensyaratkan batas nilai *Asphalt Flow Down* pada aspal porus sebesar maksimal 0,3%, karena pada batas tersebut campuran memiliki homogenitas pada kadar aspal tertentu yang dapat tercampur baik pada campuran aspal porus.

5.2.5 Tinjauan Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

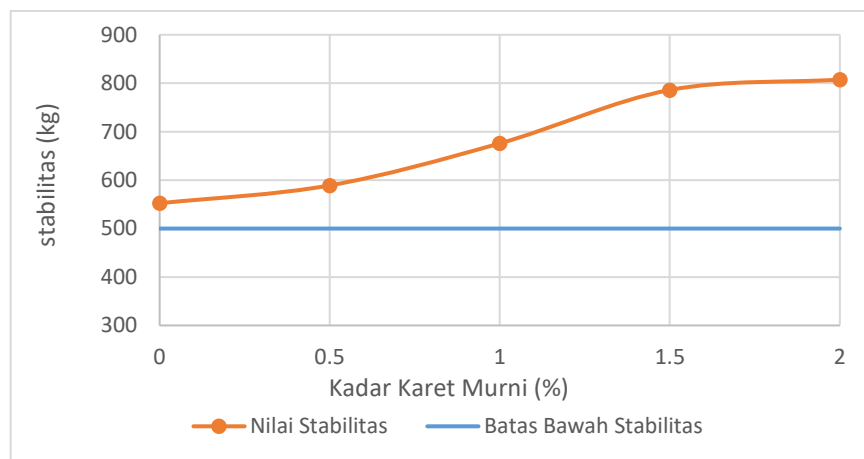
Penelitian yang dilakukan terhadap aspal porus pen 60/70 dengan penambahan karet murni / lateks diperoleh bahwa, aspal porus pen 60/70 menghasilkan nilai pengujian *Marshall* yang semakin naik seiring dengan

bertambahnya kadar penambahan karet murni / lateks. Hal ini disebabkan adanya perbedaan berat jenis karet murni / lateks yang memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan aspal pertamina pen 60/70, nilai penetrasi aspal yang telah ditambahkan dengan karet murni / lateks lebih rendah dari aspal standar pen 60/70 dan tekstur permukaan atau bentuk dari karet murni / lateks lebih kasar dari pada aspal pen 60/70.

Setelah dilakukan penelitian dengan cara menambahkan aspal pen 60/70 dengan karet murni / lateks pada kadar tertentu yang digunakan pada campuran Porus terlihat bahwa perilaku campuran aspal porus mengalami perubahan Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai Stabilitas campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17 berikut ini.



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas semakin naik dengan meningkatnya jumlah kadar karet murni / lateks yang ditambahkan. Dalam hal ini berarti bahwa kemampuan campuran perkerasan aspal yang telah ditambahkan karet murni / lateks memiliki kemampuan menahan beban yang lebih tinggi dari sebelum adanya

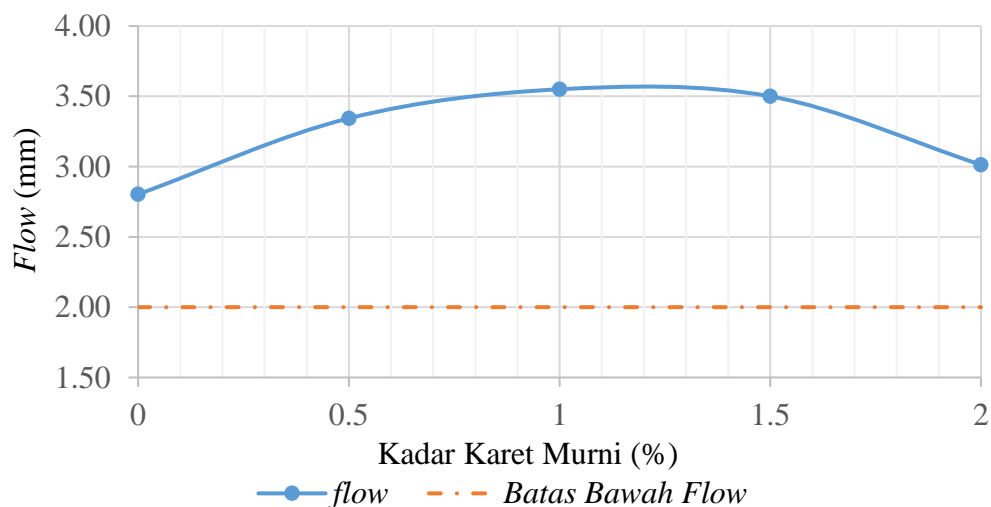
penambahan. Hal ini disebabkan karena nilai penetrasi aspal yang telah ditambahkan karet murni / lateks memiliki nilai yang lebih rendah (kaku) sehingga kekuatan campuran dalam menerima beban memiliki nilai yang lebih tinggi dari sebelum adanya ditambahkan karet murni / lateks. Dengan makin bertambahnya kadar karet murni / lateks pada jumlah kadar yang sama, campuran aspal porus dapat mempertahankan ikatan agregat agar tetap pada posisinya sehingga terjadi kenaikan nilai stabilitas.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai Stabilitas paling tinggi pada campuran aspal porus pada kondisi normal 5,5% sebesar 754,32 kg serta dengan penambahan karet murni / lateks nilai stabilitas terbesar yang didapat adalah pada kadar 2% yaitu sebesar 807,5 kg, dan nilai stabilitas terendah campuran dengan kadar penambahan karet murni / lateks 0% sebesar 552,18 kg. Dari nilai stabilitas yang didapat dari pengujian tersebut, maka seluruh campuran dengan penambahan karet murni / lateks memenuhi persyaratan stabilitas *AAPA* (2004) minimal 500 (kg) yaitu pada kadar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%.

Nilai stabilitas campuran aspal porus dengan penambahan karet murni / lateks mengalami peningkatan dan pada penelitian sebelumnya dengan penambahan kadar lateks pada campuran *Asphalt Treated Base (ATM)* terhadap stabilitas adalah pada penambahan lateks 0,0% menunjukkan nilai stabilitas sebesar 630,90 kg sedangkan pada penambahan kadar lateks optimum sebesar 3,5% didapat nilai stabilitas 1435,21 kg. dengan demikian dapat di simpulkan bahwa penambahan kaert murni pada berbagai campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas / kekuatan campuran aspal tersebut. Semua nilai campuran Aspal porus dengan karet murni / lateks memiliki nilai yang memenuhi persyaratan *AAPA* (2004) yaitu ≥ 500 kg.

2. *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai *flow* campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.18 berikut ini.



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai *Flow*

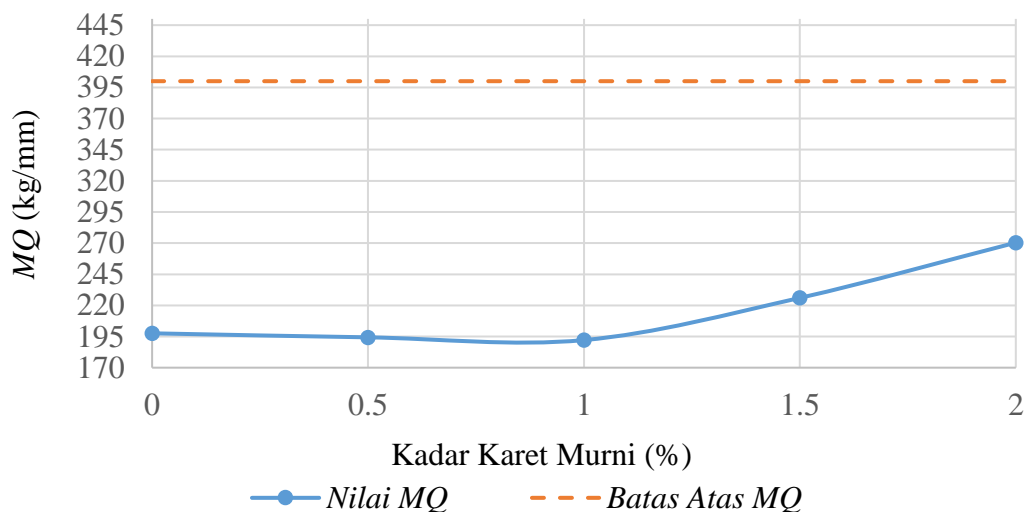
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya jumlah kadar karet murni / lateks ke dalam campuran aspal porus menghasilkan nilai *flow* yang semakin naik dan turun ketika sudah melewati batas optimum. Hal ini disebabkan karet murni / lateks memiliki nilai penetrasi yang lebih kecil dari pada aspal pen 60/70, sehingga pada berat yang sama pada campuran dengan penambahan karet murni / lateks menjadi lebih kaku dan mudah retak bila ada pembebanan.

Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai *Flow* paling tinggi pada penambahan kadar karet murni 1% yaitu sebesar 3,55 mm, dan nilai *Flow* paling rendah pada penambahan 2% karet murni / lateks s sebesar 2,80 mm. Berdasarkan AAPA (2004), nilai *flow* untuk aspal porus yaitu >2 mm dan < 6 mm, maka nilai *flow* semua kadar karet murni / lateks tetap memenuhi persyaratan AAPA (2004).

Nilai *Flow* pada campuran aspal porus dengan penambahan karet murni semakin naik dan turun ketika sudah melewati batas optimum dan pada penelitian sebelumnya dengan penambahan *Polypropylene* pada pada campuran aspal porus dengan bahan pengikat aspal minyak didapatkan nilai *flow* yang semakin meningkat.

3. Marshall Quotient

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai *Marshall Quotient* campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19 berikut ini.



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Marshall Quotient

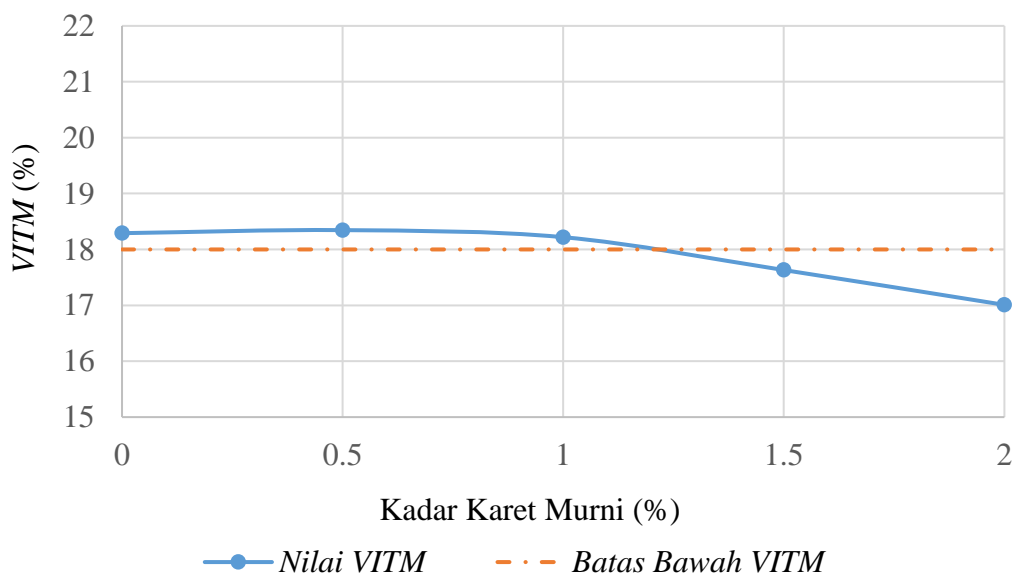
Berdasarkan Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa nilai *MQ* mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar penambahan kadar karet murni, diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas yang naik dan nilai *flow* yang mengalami kenaikan akibat dari meningkatnya jumlah kadar karet murni / lateks. Nilai *Marshall Quotient* mengalami perubahan kenaikan pada kadar 1%, 1,5%, dan 2% . Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *Marshall Quotient* paling tinggi pada campuran yang belum ditambahkan karet murni / lateks 0% yaitu sebesar 197,59 kg/mm, tetapi seiring dengan bertambahnya kadar karet murni / Lateks nilai *MQ* semakin naik, nilai *Marshall Quotient* pada kadar tertinggi campuran dengan karet murni / lateks 2% yaitu 270,35 kg/mm. Hal ini disebabkan kenaikan nilai Stabilitas dan kenaikan nilai *flow* pada batas optimum.

Nilai *MQ* campuran Aspal porus dengan penambahan karet murni / lateks mengalami kenaikan dan pada penelitian sebelumnya dengan penambahan lateks pada campuran *Asphalt Treated Base (ATM)* mengalami peningkatan dan turun

setelah melewati kadar optimumnya. Nilai MQ campuran Aspal porus dengan penambahan karet murni / lateks memiliki nilai yang lebih rendah dari penelitian *Asphalt Treated Base (ATM)* sebelumnya dengan penambahan lateks. Nilai MQ tertinggi campuran Aspal porus dengan karet murni / lateks adalah 270,35 kg/mm sedangkan campuran *Asphalt Treated Base (ATM)* dengan Lateks tertinggi adalah 365,2 kg/mm. Meskipun demikian nilai MQ campuran Aspal porus dengan karet murni / lateks memiliki nilai yang memenuhi persyaratan *AAPA* (2004).

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

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai $VITM$ campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.20 berikut ini.



Gambar 5.20 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai $VITM$

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya jumlah kadar penambahan kadar karet maka nilai $VITM$ menurun setelah melewati batas optimumnya. Hal ini disebabkan karena aspal yang telah ditambahkan dengan karet murni / lateks memiliki sifat yang lebih kental dibandingkan dengan aspal Pen 60/70 sehingga menyebabkan semakin banyak pula

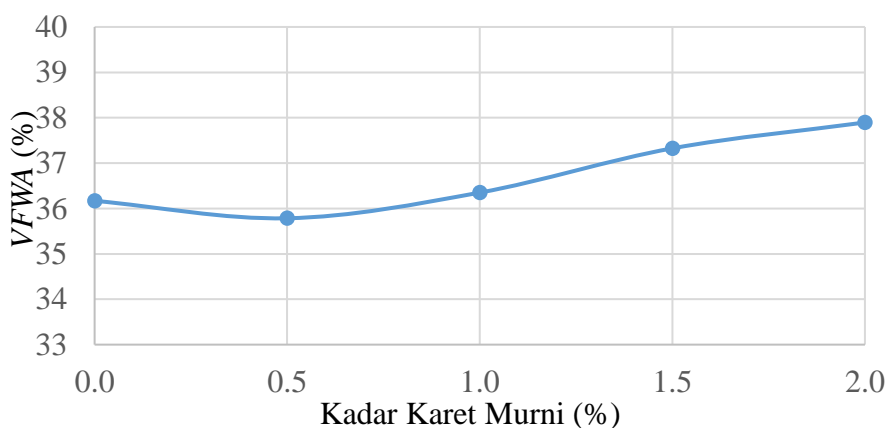
volume yang terisi oleh aspal yang telah ditambahkan maka menjadi semakin rapat (rongga semakin kecil).

Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai *VITM* paling tinggi pada campuran yang ditambahkan karet murni / lateks 1% yaitu sebesar 18,29% dan yang paling rendah pada kadar 2% yaitu 17,01% seiring bertambahnya kadar karet murni / Lateks nilai *VITM* semakin menurun.

Nilai *VITM* campuran Aspal porous dengan penambahan karet murni / lateks mengalami kenaikan dan menurun setelah melewati batas optimumnya berbeda dengan penelitian campuran *Asphalt Treated Base (ATM)* sebelumnya dengan penambahan presentasi lateks memiliki nilai *VITM* yang terus meningkat. Meskipun demikian nilai *VITM* campuran Aspal porous dengan karet murni / lateks memiliki nilai yang memenuhi persyaratan *AAPA (2004)* yaitu 18%, tetapi pada kadar tertinggi 1% dan 2% turun dibawah syarat minimum.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai *VFWA* campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.21 berikut ini.



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai *VFWA*

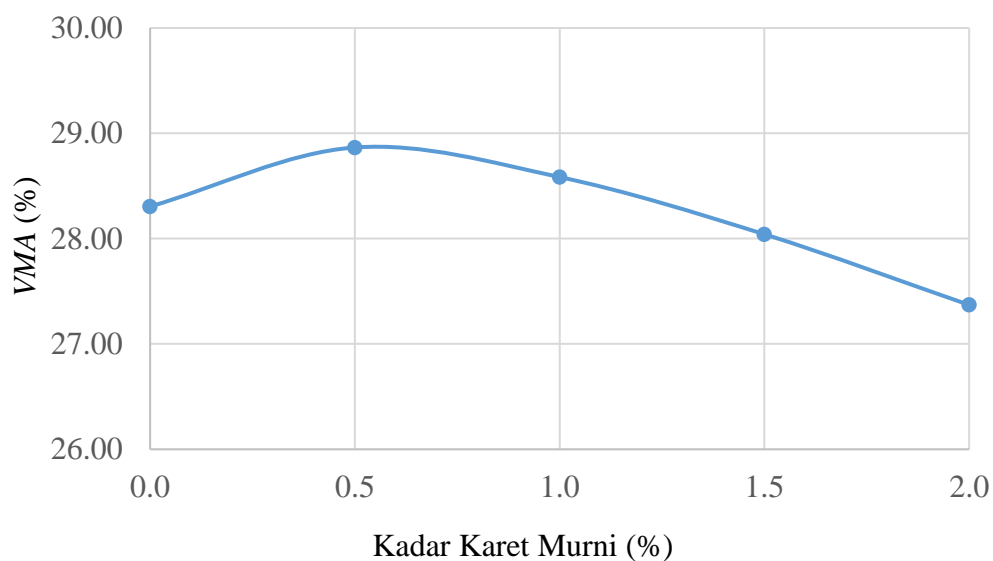
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.21 di atas dapat dilihat bahwa semakin turun dan naik setelah mencapai kadar optimum. Hal ini disebabkan karena aspal

yang telah ditambahkan karet murni / lateks memiliki sifat yang lebih kental, sehingga semakin besar kadar penambahan aspal semakin banyak volume aspal yang mengisi rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat (*VITM* rendah), sehingga *VFWA* semakin meningkat.

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *VFWA* paling tinggi pada campuran dengan penambahan karet murni / lateks 2%, yaitu sebesar 37,89%, dan nilai *VFWA* paling rendah campuran dengan 0,5% yaitu sebesar 36,17%.

6. *VMA* (*Void in Mineral Agregate*)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai *VMA* campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22 berikut ini.



Gambar 5.22 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks Aspal dengan Nilai *VMA*

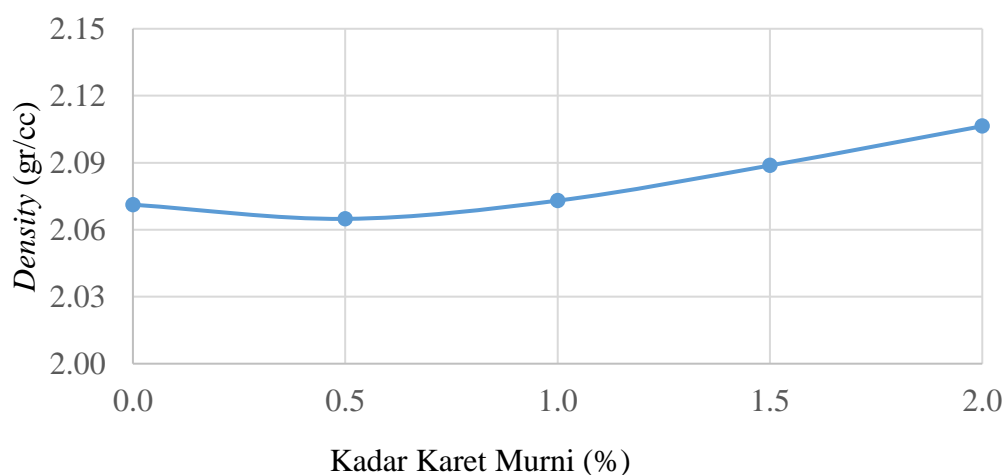
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 dapat dilihat bahwa semakin besar kadar penambahan karet murni / lateks maka nilai *VMA* naik dan menurun setelah mencapai kadar optimum. Hal ini disebabkan karena aspal yang telah ditambahkan dengan karet murni / lateks memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah dan kadar mineral yang rendah sehingga aspal yang telah ditambahkan lebih kental dan mengandung banyak mineral, semakin besar kadar penambahan karet murni / lateks

semakin sedikit pula mineral yang dapat mengisi rongga dalam campuran sehingga menjadi semakin rapat (rongga semakin kecil) dan jarak antar mineral agregat menjadi semakin rendah (*VMA* menurun).

Dari hasil pengujian di Laboratorium, didapatkan nilai *VMA* paling tinggi pada campuran dengan penambahan karet murni / lateks 0,5%, yaitu sebesar 28,87 %, dan Nilai *VMA* campuran dengan penambahan karet murni / lateks 2% paling rendah yaitu sebesar 27,37%.

7. *Density*

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium diperoleh grafik hubungan antara kadar penambahan aspal dengan nilai *Density* campuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.23 berikut ini.



Gambar 5.23 Grafik Hubungan Antara Karet Murni / LateksAspal dengan Nilai *Density*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.23 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya jumlah penambahan karet murni / lateks maka nilai *density* meningkat. Hal ini disebabkan oleh berat jenis karet murni / lateks yang lebih rendah serta sifat dari aspal yang telah ditambahkan karet murni / lateks memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah dan nilai VITM yang tinggi, sehingga pada berat yang sama dengan penambahan karet murni / lateks yang lebih besar menghasilkan campuran yang lebih rapat. Semakin besar penambahan karet murni / lateks maka

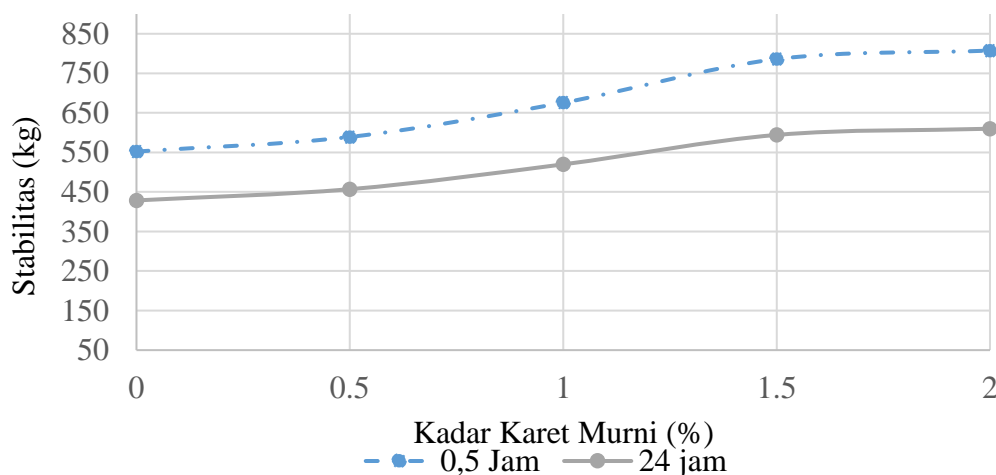
aspal yang telah ditambahkan semakin lebih kental dan semakin banyak sehingga campuran menjadi semakin padat (rongga semakin kecil).

Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai *density* paling tinggi pada kadar karet murni / lateks 2%, yaitu sebesar 2,11 gr/cc, serta nilai *density* terendah dengan karet murni / lateks 0,5% paling rendah yaitu sebesar 2,06 gr/cc

5.2.6 Tinjauan Karakteristik *Immersion Test*

1. Stabilitas Rendaman

Stabilitas rendaman 24 jam dimaksudkan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat perubahan suhu, cuaca, dan air. Nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam dapat dilihat, Gambar 5.24 berikut ini.



Gambar 5.24 Grafik Hubungan antara Rendaman dan Kadar Karet Murni / Lateks

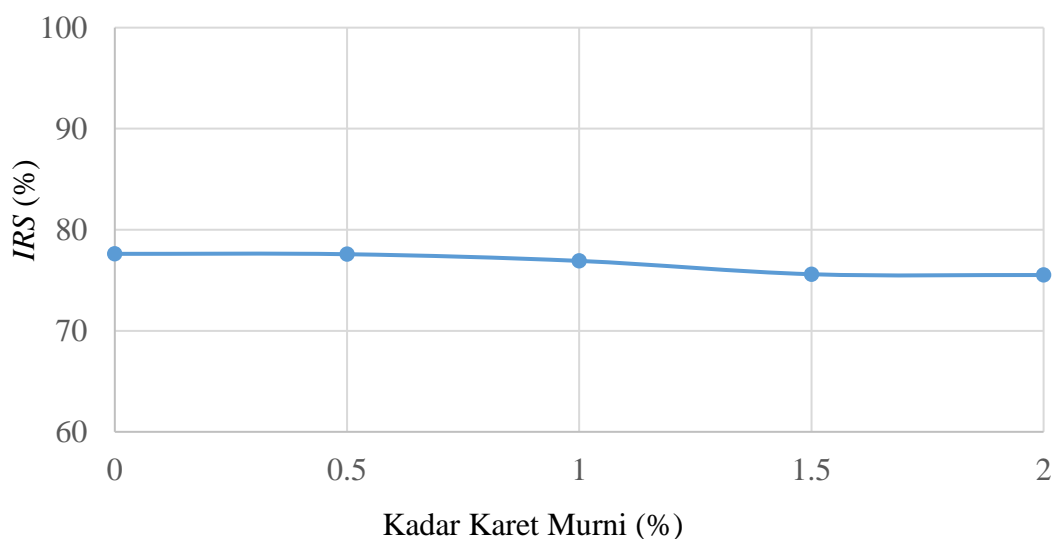
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.24 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan rendaman 30 menit (*marshall* standar), tetapi dengan semakin bertambahnya kadar karet murni / lateks nilai stabilitas akibat rendaman meningkat dan melebihi stabilitas rendaman standar. Hal ini disebabkan proses perendaman, air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat tetapi semakin bertambahnya jumlah kadar penambahan aspal pen 60/70 dengan karet murni / lateks perkerasan memiliki stabilitas yang meningkat dengan perendaman

24 jam. Hal ini terjadi karena kadar karet murni / lateks memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah.

2. *Index of Retained Strength*

Index of retained strength didapatkan dari proses perendaman, untuk mengetahui kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) yang dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Perendaman dalam penelitian ini yaitu perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C terhadap perendaman selama 0,5 jam pada suhu 60°C.

Nilai *index of retained strength* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas setelah direndam 24 jam (S2) dengan nilai stabilitas yang direndam selama 0,5 jam (S1).



Gambar 5.25 Grafik Hubungan Nilai *IRS* dengan Kadar Penambahan Karet Murni / Lateks

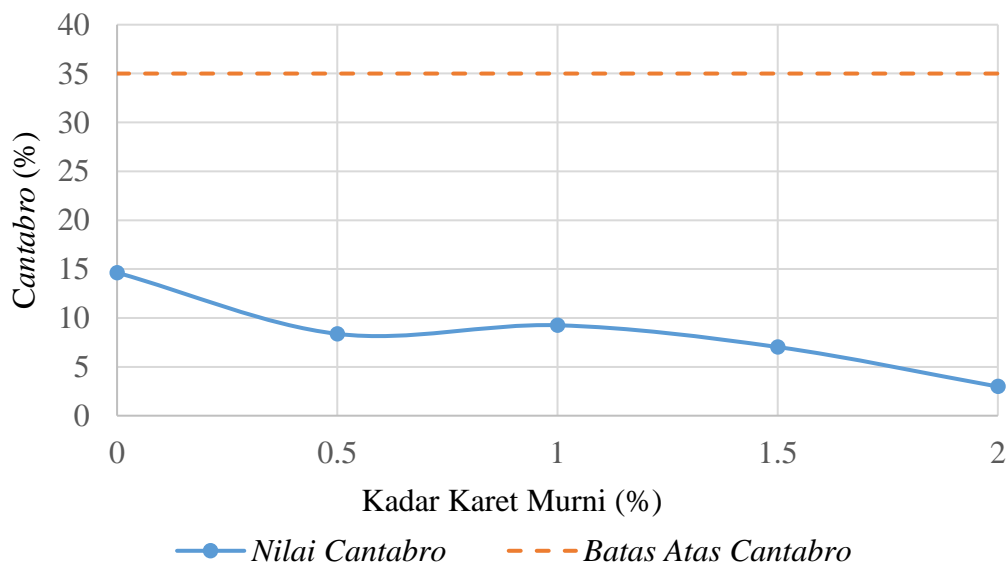
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.25 dapat diketahui bahwa nilai *index of retained strength* menurun dengan bertambahnya kadar karet murni / lateks. Hal ini disebabkan karena nilai penetrasi campuran aspal 60/70 dengan karet murni / lateks yang lebih rendah, sehingga semakin sulit perkerasan ini untuk dipadatkan dan kadar protein karet murni / lateks juga cukup tinggi yang dapat mengisi rongga campuran sehingga volume rongga dalam campuran menjadi

samakin rapat (rongga semakin kecil). Dengan semakin rapatnya perkerasan aspal air semakin sulit menembus kedalam campuran, sehingga berakibat (ketahanan terhadap gangguan air semakin tinggi) meningkatkan nilai *IRS*.

Dari hasil pengujian dilaboratorium, didapatkan nilai *index of retained strength* paling tinggi pada kadar karet murni / lateks 0%, yaitu sebesar 77,614 (%), serta nilai *index of retained strength* terendah dengan karet murni / lateks 2% paling rendah yaitu sebesar 75,518 %.

5.2.7 Tinjauan Karakteristik *Cantabro Test*

Pengujian *Cantabro* bertujuan untuk mengetahui ketahanan terhadap benturan dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*. Hasil pengujian dan analisis menggunakan Persamaan 3.19 dapat dilihat pada Tabel 5.23. *Cantabro Test* merupakan metode pengujian untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hubungan antara nilai *Cantabro* dengan variasi kadar penambahan karet murni / Lateks sebagai pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut ini.



Gambar 5.26 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Nilai *Cantabro*

Berdasarkan Gambar 5.26 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* semakin menurun seiring dengan kadar penambahan karet murni / lateks. Penurunan pada hasil pengujian *Cantabro* menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap

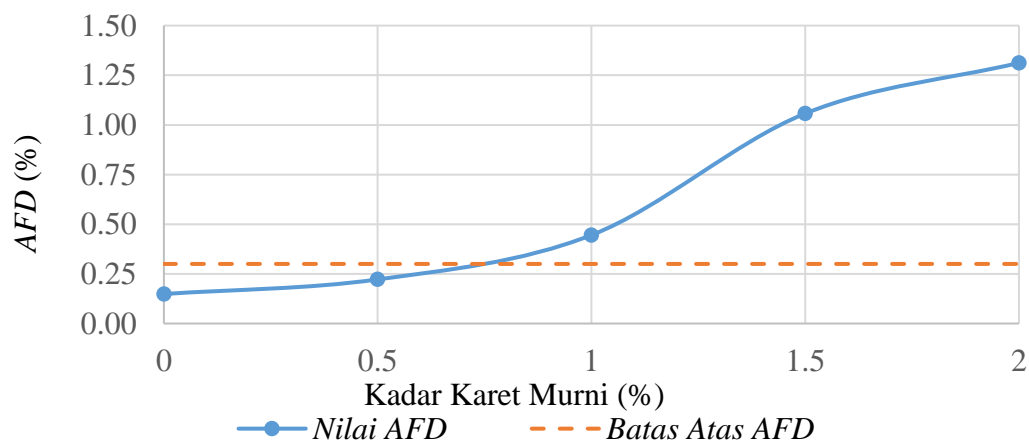
benturan semakin meningkat, ini disebabkan kehilangan berat pada campuran yang semakin kecil dengan persentase penambahan karet murni / lateks.

Hal ini dipengaruhi oleh nilai penetrasi aspal yang telah ditambahkan lebih kecil Selain itu juga nilai *VFWA* yang semakin meningkat seiring bertambahnya kadar karet murni / lateks juga mempengaruhi penurunan pada nilai *Cantabro* karena rongga yang terselimuti oleh aspal semakin meningkat yang disebabkan oleh aspal yang telah ditambahkan dapat semakin mengisi rongga yang dalam campuran.

Nilai *Cantabro* paling tinggi terdapat pada campuran Porus dengan kadar karet murni / lateks 0% yaitu sebesar 14,63%, sedangkan nilai paling rendah terdapat pada campuran aspal porus dengan kadar karet murni / lateks 2% yaitu sebesar 2,11%. Pada penelitian aspal porus dengan bahan tambah *Polypropylene* dengan bahan ikat aspal minyak didapat nilai *Cantabro loss* semakin kecil seiring dengan penambahan *Polypropylene* dan kadar aspal. Benda uji yang memenuhi spesifikasi nilai *Cantabro loss* yang diisyaratkan terjadi mulai dari kadar aspal 5,5%. Meskipun demikian hasil yang di dapat pada penelitian campuran aspal porus dengan bahan karet murni seluruhnya memenuhi persyaratan dari *AAPA* yaitu 35%.

5.2.8 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Asphalt Flow Down Test*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar karet murni / lateks dengan nilai *AFD* pada campuran Porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 5.27 berikut ini.



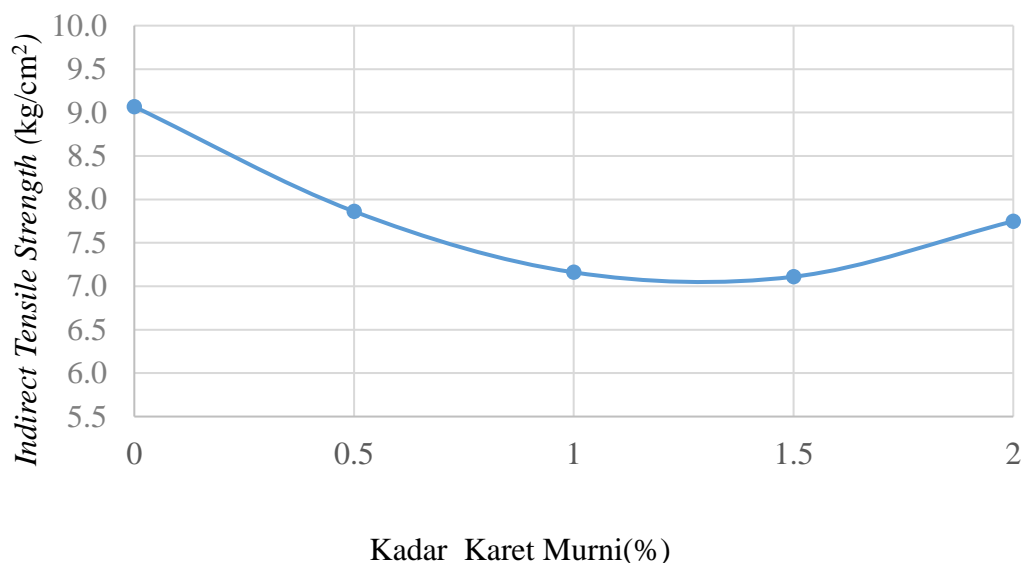
Gambar 5.27 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai *Asphalt Flow Down*

Berdasarkan Gambar 5.27 dapat dilihat bahwa nilai *Asphalt Flow Down* semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kadar penambahan aspal pen 60/70 dengan karet murni / lateks. Hal itu disebabkan oleh semakin banyak kadar karet murni yang ditambahkan maka campuran aspal tersebut semakin lengket sehingga campuran aspal tersebut menempel pada wadah / tempatnya. Penurunan pada hasil pengujian *Asphalt Flow Down* menunjukkan bahwa pemisahan antara aspal dengan agregat semakin berkurang seiring bertambahnya kadar karet murni / lateks, dengan adanya penambahan aspal pengikatan yang terjadi terhadap agregat oleh aspal lebih baik seiring bertambahnya kadar karet murni.

Hasil dari uji *Asphalt Flow Down* didapat nilai pemisahan aspal terhadap penambahan persentase kadar karet murni / lateks pada kadar karet 0% yaitu sebesar 0,15%, kadar karet murni / lateks 0,5% sebesar 0,22%, kadar karet murni / Lateks 1% sebesar 0,45%, kadar karet murni / lateks 1,5% sebesar 1,06%, dan kadar karet murni / lateks 2% sebesar 1,31%. AAPA (2004) mensyaratkan batas nilai *Asphalt Flow Down* pada aspal porus sebesar maksimal 0,3%, maka disimpulkan bahwa pada penambahan kadar karet 1%, 1,5%, dan 2% tidak memenuhi syarat.

5.2.9 Tinjauan Karakteristik *Indirect Tensile Strength* pada kadar Aspal Optimum

Indirect Tensile Strength adalah pengujian untuk mengetahui kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Dari hasil pengujian *Indirect Tensile Strength Test* terhadap variasi penambahan karet murni / lateks ke dalam campuran perkerasan aspal porus Tabel 5.20.



Gambar 5.28 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai ITS

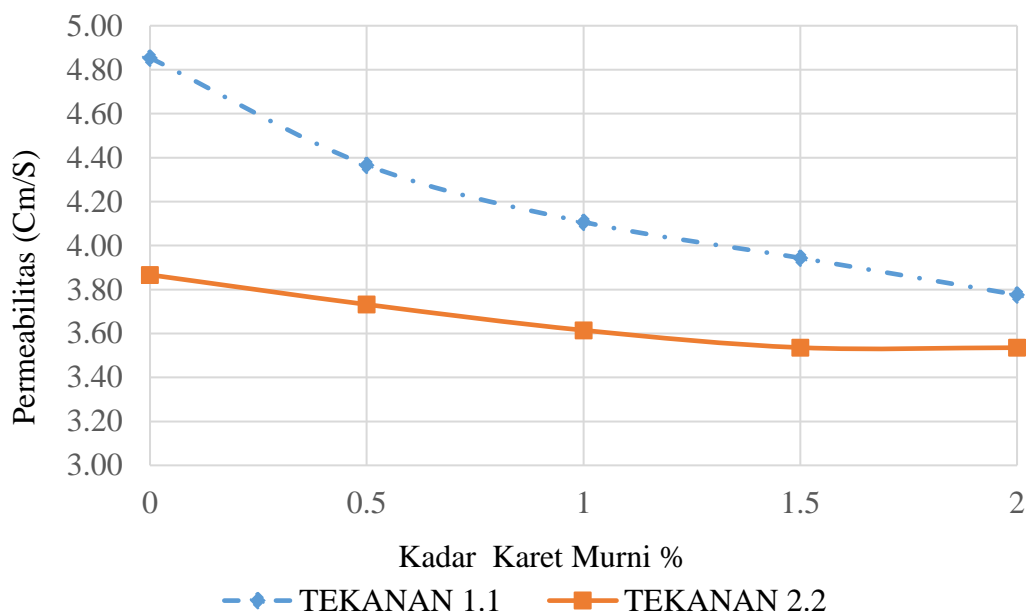
Berdasarkan Gambar 5.28 dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan jumlah kadar karet murni / lateks ke dalam campuran porus memiliki nilai *Indirect Tensile Strength* yang menurun dan meningkat setelah mencapai kadar optimum. Penurunan pada nilai *Indirect Tensile Strength* menunjukkan bahwa kuat tarik pada campuran porus menggunakan penambahan karet murni / lateks 0%, 0,5%, dan 1% menyebabkan kuat tarik cenderung semakin menurun sedangkan pada kadar 1,5% dan 2% mengalami peningkatan. Hal ini menggambarkan bahwa semakin tinggi kadar karet murni / lateks maka aspal yang telah ditambahkan semakin kaku dan keras pada suhu ruang dan lunak pada suhu yang semakin tinggi.

Nilai *ITS* paling tinggi pada campuran Aspal porus dengan kadar penambahan karet murni / lateks 0% yaitu sebesar 9,07 kg/cm², sedangkan nilai paling rendah pada campuran Aspal porus dengan kadar penambahan karet murni / lateks 1% yaitu sebesar 7,11 kg/cm².

5.2.10 Tinjauan Karakteristik Permeabilitas Test

Permeabilitas aspal adalah derajat kerapatan konstruksi campuran aspal untuk dapat ditembus oleh zat cair. Hasil pengujian permeabilitas campuran aspal Porus pada kadar aspal optimum dengan menggunakan penambahan kadar karet murni / lateks pada setiap persentase dapat dilihat pada Tabel 5.21. Adapun hubungan

jumlah kadar karet murni / lateks dengan koefisien permeabilitas pada kadar aspal optimum ditunjukkan pada Gambar 5.29 berikut ini.



Gambar 5.29 Grafik Hubungan Antara Kadar Karet Murni / Lateks dengan Nilai Permeabilitas

Berdasarkan Gambar 5.29 dapat dilihat bahwa semakin besar kadar penambahan karet murni yang dilakukan ke dalam campuran maka nilai koefisien permeabilitas semakin turun. Hal itu dapat diartikan bahwa campuran tersebut semakin rapat dan memiliki pori yang semakin sedikit.

Pada campuran aspal porus dengan penambahan karet murni / lateks dengan nilai *VFWA* semakin besar serta nilai *VITM* dan *VMA* yang semakin kecil tidak selalu menghasilkan nilai koefisien permeabilitas yang semakin kecil, hal ini disebabkan rongga yang semakin rapat masih dapat dilewati oleh air.

Nilai permeabilitas paling tinggi pada tekanan 1.1 terdapat pada campuran Aspal porus dengan kadar penambahan karet murni / lateks 0% yaitu sebesar 4,85 cm/detik, sedangkan pada tekanan 2.2 terdapat pada penambahan karet murni 0% yaitu sebesar 3,87 cm/detik, nilai permeabilitas paling rendah pada tekanan 1.1 terdapat pada campuran Aspal porus dengan kadar penambahan karet murni / lateks

2% yaitu sebesar 3,78 cm/dtk, sedangkan pada tekanan 2.2 terdapat pada penambahan karet murni 2% yaitu sebesar 3,54 cm/detik

Pada penelitian sebelumnya aspal porous dengan penambahan *Polypropylene* dengan bahan ikat aspal minyak didapatkan nilai permeabilitas semakin menurun dengan semakin bertambahnya *Polypropylene*. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyaknya aspal dan *Polypropylene* yang menutupi rongga dalam campuran aspal porous yang berakibat pada berkurangnya nilai koefisien permeabilitas atau kemampuan untuk mengalirkan air dari permukaan aspal porous.

BAB VI

SIMPULAN & SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran Aspal porus dengan dengan bahan tambah karet murni /lateks maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Karet murni / lateks layak dan dapat digunakan sebagai bahan tambah Aspal Pen 60/70 . Hal ini dapat dibuktikan dengan pengujian *Marshall*, *Cantabro* dan *AFD* yang hasilnya memenuhi persyaratan *AAPA* (2004). Campuran Aspal porus yang telah ditambahkan karet murni /lateks mengalami perubahan pada karakteristik *Marshall*, yaitu nilai stabilitas yang semakin meningkat, nilai *flow* yang semakin naik dan turun ketika sudah melewati batas optimum, nilai *MQ* yang semakin meningkat (kaku pada suhu rendah), nilai *VITM* dan *VMA* yang menurun (rapat), sedangkan nilai *VFWA* dan *density* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar karet murni / lateks serta *IRS* yang menurun (tingkat keawetan menurun).
2. Nilai kuat tarik tak langsung / *ITS* mengalami penurunan dan naik setelah mencapai kadar optimum, penurunan kuat tarik terjadi pada suhu ruangan atau suhu rendah, tetapi pada suhu tinggi kuat tarik akan meningkat hal itu di sebabkan oleh sifat karet murni yang dapat menerima suhu tinggi. dengan nilai *ITS* tertinggi yaitu 9,07 kg/cm² sedangkan nilai paling rendah pada campuran aspal porus dengan kadar penambahan karet murni/lateks 1,5% yaitu 7,11 kg/cm².
3. Nilai dari permeabilitas pada tekanan 1.1 dan 2.2 mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar karet maka campuran aspal porus semakin rapat. Akan tetapi dengan bertambahnya kerapatan pori pada campuran aspal porus air masih dapat mengalir dengan baik. Nilai

tertinggi pada kadar karet murni / lateks 0% yaitu sebesar 4,85 cm/detik pada tekanan 1.1 dan 0% sebesar 3,87 cm/detik pada tekanan 2.2.

4. Nilai persen kehilangan berat / *Cantabro* menurun seiring dengan penambahan karet murni / lateks, semakin besar komposisi campuran karet murni / lateks maka semakin kecil pula persen kehilangan beratnya. Dengan nilai *Cantabro* terendah yang didapat adalah 14,63% pada kadar karet murni / lateks 2%.
5. Nilai *Asphalt Flow Down* semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kadar karet murni / lateks. Hal itu menunjukkan bahwa pemisahan antara aspal dengan agregat semakin berkurang seiring bertambahnya kadar karet murni / lateks, dengan adanya penambahan aspal pengikatan yang terjadi terhadap agregat oleh aspal lebih baik seiring bertambahnya kadar karet murni.

6.2 Saran

Beberapa saran dapat disampaikan untuk lebih menyempurnakan penelitian campuran Aspal porus dengan karet murni / lateks sebagai bahan tambah Aspal Pen 60/70. Merujuk pada hasil penelitian campuran Aspal porus maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Pada saat proses pencampuran karet murni kedalam aspal pen 60 /70 sebaiknya dilakukan secara bertahap / sedikit demi sedikit hal itu dilakukan agar meminimalisir timbulnya buih dan supaya dapat larut dengan sempurna.
2. Perlu dilakukan uji coba penggunaan aspal porus untuk ruas – ruas jalan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Gultom, dkk., 2004, Karakteristik Aspal Pourus Yang Menggunakan Bahan Tambah Polypropylene Dengan Bahan Pengikat Kombinasi Aspal Minyak Dan Liquid Asbuton. *Jurnal Tugas Akhir* Universitas Hasanudin, Makasar. <https://www.scribd.com/document/215828762/Karakteristik-Aspal-Porous-Yang-Menggunakan-Bahan-Tambah-Polypropylene-Dengan-Bahan-Pengikat-Kombinasi-Aspal-Minyak-Dan-Liquid-Asbuton>, diakses pada tanggal 21 Maret 2016.
- Amal dan Syaiful, A., 2016, Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (ATB) *Jurnal Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang. [Ejournal.umum.ac.id/index.php/jmts/article/download/1111/3135](http://ejournal.umum.ac.id/index.php/jmts/article/download/1111/3135). Diakses pada tanggal 2 Juni 2017.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Dwiraharjo, 2010., Tinjauan Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, dan Permeabilitas Campuran Dingin Aspal Porus Dengan Ripid Curing Crimb Rebber Asphalt, *Jurnal Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret. <https://eprints.uns.ac.id/9422/1/136420908201003101.pdf>, diakses pada tanggal 22 September 2016.
- Hani, 2009., Komposisi Kimai Lateks Karet Murni, *Artikel*, www.google.com/ *Komposisi Kimai Lateks Karet Murni*.
- Kennedy, 1997., Characterization of Asphalt Pavement Materials Using Indirect Tensile Test. Vol. 46. 132-150. San Antonio. Texas.
- Khalid, H and Perez Jimenez, F.K., 1994., Performance Assessment of Spanish and British Porous Asphalt, In Cabrera, JG. & Dixon, JR. (eds), Performance and Durability of Bitumenious Materials, *Proceeding of Symposium*, U

- niversity of Leeds, London. National Asphalt Specification, 2004,
Australian Asphalt Pavement Association, Australia.
- Harianto, dkk, 2013, Kinerja Campuran Aspal Berpori Dengan Menggunakan Aspal Polimer Starbit E-55 , Seminar Nasional IX -2013 Teknik Sipil ITS, Surabaya, Universitas Hasanudin.
<http://repository.unhas.ac.id/bitStream/handle/123456789/5872/Kinerja%20Campuran%20Aspal%20Berpori%20dengan%20Menggunakan%20Aspal%20Polimer%20Starbit%20Jenis%20E-55.pdf?sequence=1>, diakses pada tanggal 22 Maret 2016
- Nur'ubay, I., 2010, Tinjauan Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, dan Permeabilitas Campuran Dingin *Rolled Asphalt* Dengan *Rapid Curing Cutback Asphalt* Sebagai *Binder*, UNS, Surakarta
- Putranto, R, 2011, *Penggunaan Material Galian Dari Desa Koripan, Matesih Untuk Pembuatan Aspal Porous, Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- RSNI M-01-2003, *Metode Pungujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall.*
- Sarwono. D dan Wardhani, A, K., 2007, Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt. *Jurnal penelitian Media Teknik Sipil*, Edisi Juli:131-138.
- Setyawan, A & Hassan, K.E., 2002. *Cold mix, cold laid semi-flexible grouted macadams, mix design and properties.* In Zoorob, S.E. , Collop, A.C. & Brown, S.E. (eds). *Performance of Bituminous and Hydroulic Materials in Pavement.* Nothingham.
- Setyawan, A. & Sanusi. (2005). Observasi Propertis Aspal Porus Berbagai Gradasi dengan Material Lokal. *Jurnal penelitian Media Teknik Sipil*, 15- 20.
- Sukandar, 2002, *Metode Penelitian, Petunjuk Praktis untuk Peneliti Pemula*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukirman, S., 2007, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Jakarta.
- Takahashi, and Partl, Manfred. 1999. *Improvement of MixgDesign for PorousAsphalt.* EMPA Japan and Switzerland.

Triwijoso, Sri Utami. 1995. Pengetahuan Umum Tentang Karet Hevea. *Dalam Kumpulan Makalah : In House Training, Pengolahan Lateks Pekat dan Karet Mentah. No : 1.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, Bogor.

LAMPIRAN

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		09.00 WIB
	Selesai		03.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	25 °C	11.00 WIB
	Selesai	25 °C	13.00 WIB
3.	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	13.00 WIB
	Selesai	25 °C	13.15 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	65,5	65		
2.	67	65		
3.	65,6	64		
4.	65	66		
5.	64,5	61		
Rata2	65,5	64,3		

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Karet Murni (%)	Nilai Penetrasi (mm)
0	65
0,5	59
1	54
1,5	50
2	46

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 2 Pemeriksaan Viskositas 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 VISKOSITAS ASPAL PEN 60/70

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

Suhu (°C)	Uji (Detik)	Viskositas (Cst)	Suhu Pencampuran (°C)	Suhu Pemadatan (°C)
Viskositas dengan 0 % Penambahan Karet Murni				
160	132	304	175	164
170	96	205.42		
180	62	141.62		
Viskositas dengan 1 % Penambahan Karet Murni				
170	110	234.58	179	170
180	74	155.33		
Viskositas dengan 2 % Penambahan Karet Murni				
170	133	280.46	180	170
180	80	165.75		

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Pencampuran		Pemadatan	
Kadar Karet	Suhu	Kadar Karet	Suhu
0	175	0	164
0.5	177.5	0.5	167.5
1	179	1	170
1.5	180	1.5	171
2	180	2	170

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

Nanang Eko Mulyon

Lampiran 3 Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan



**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 ASPAL TERHADAP BATUAN

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

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Pembacaan		
		Waktu	Suhu	
1.	Pemanasan Benda Uji	Mulai	09.00 WIB	27°C
		Selesai	09.35 WIB	170 °C
2.	Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	09.36 WIB	170 °C
		Selesai	10.00 WIB	27 °C
3.	Diperiksa	Mulai	10.00 WIB	27 °C
		Selesai	10.00 WIB	27 °C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Benda Uji 1	99 %	
2.	Benda Uji 2	99 %	
3.	Rata-rata	99%	

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Campuran Aspal dengan Karet	Nilai Penetrasi
0	99 %
0,5	99 %
1	99 %
1,5	99 %
2	99 %

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspa



**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	27°C	11.00 WIB
	Selesai	160°C	11.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	27°C	11.30 WIB
	Selesai	27°C	13.00 WIB
3.	Diperiksa		
	Mulai	5°C	13.40 WIB
	Selesai	51°C	14.00 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	25 °C	443	443	48,5	48
2.	30 °C	547	547		
3.	35 °C	655	655		
4.	40 °C	759	759		
5.	45 °C	864	864		
6.	50 °C	948	954		
Rata-rata				48,25	

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Karet Murni (%)	Suhu (°C)
0	48,25
0,5	50,5
1	54
1,5	58
2	62,5

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII
(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,
Nanang Eko Mulyono

Lampiran 5 Pemeriksaan Daktilitas



**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 ASPAL

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 $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2.	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	Suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3.	Peredaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4.	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

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

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Karet Murni (%)	Hasil Pengujian	Keterangan
0	164 cm	Tidak Putus
0,5	164 cm	Tidak Putus
1	164 cm	Tidak Putus
1,5	164 cm	Tidak Putus
2	80 cm	Putus

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik 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 °C	09.00 WIB
	Selesai	130 °C	09.15 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	130 °C	09.15 WIB
	Selesai	27 °C	09.20 WIB
3.	Diperiksa		
	Mulai	35 °C	09.20 WIB
	Selesai	325 °C	09.45 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1.	Benda uji 1	312 °C	316 °C

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Karet Murni (%)	Titik Nyala	Titik Bakar
0	312 °C	316 °C
0,5	325 °C	340 °C
1	336 °C	351 °C
1,5	352 °C	363 °C
2	374 °C	389 °C

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 7 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4



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

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1.	Penimbangan	Mulai	09.00 WIB	27 ^o C
2.	Pelarutan	Mulai	09.20 WIB	27 ^o C
3.	Penyaringan	Mulai	09.23 WIB	27 ^o C
		Selesai	09.31 WIB	27 ^o C
4.	Di Oven	Mulai	09.32 WIB	100 ^o C
5.	Penimbangan	Selesai	09.55 WIB	27 ^o C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1.	Berat erlen meyer kosong	68,89 gr	75,23 gr
2.	Berat erlen meyer kosong + Aspal	70,23 gr	76,65 gr
3.	Berat Aspal (2-1)	1,34 gr	1,42 gr
4.	Berat kertas saring bersih	0,53 gr	0,52 gr
5.	Berat kertas saring bersih + mineral	0,55 gr	0,53 gr
6.	Berat mineral (5-4)	0,01 gr	0,01 gr
7.	Persentase mineral (6/3x100%)	0,75 %	0,7 %
8.	Aspal yang larut (100%-7)	99,25 %	99,29 %
9.	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,27 %	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 8 Pemeriksaan Berat 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 : 2016

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Piknometer kosong (gr)	11,52	12,24
2.	Berat Piknometer +Aquadest (gr)	28,29	24,43
3.	Berat Aquadest (2-1) (gr)	16,77	12,19
4.	Berat Piknometer + Aspal (gr)	12,37	13,35
5.	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,85	1,11
6.	Berat Piknometer +Aspal + Aquadest (gr)	28,36	24,52
7.	Berat Aquadest (6-4) (gr)	15,99	11,17
8.	Volume Aspal (3-7) (gr)	0,78	1,02
9.	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1,09	1,09
10.	Rata-rata BJ Aspal	1,09	

REKAPITULASI HASIL PENGAMATAN

Kadar Karet Murnni (%)	Hasil Pengujian
0	1,09
0,5	1,06
1	1,05
1,5	1,048
2	1,045

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Karet Murni



**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 KARET MURNI

Material : Karet Murni
Sumber : PTP N IX Kebun Sukomangli, Kendal
Tanggal Uji : 2017

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Piknometer kosong (gr)	13,60	12,44
2.	Berat Piknometer +Aquadest (gr)	25,64	24,44
3.	Berat Aquadest (2-1) (gr)	12,04	12
4.	Berat Piknometer + Aspal (gr)	14,55	13,36
5.	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,95	0,92
6.	Berat Piknometer +Aspal + Aquadest (gr)	25,53	24,42
7.	Berat Aquadest (6-4) (gr)	10,98	11,06
8.	Volume Aspal (3-7) (gr)	1,06	0,94
9.	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	0,89	0,97
10.	Rata-rata BJ Aspal	0,93	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 10 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
1.	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	500 gr	500 gr
2.	Berat Piknometer + air (B)	691 gr	662,77 gr
3.	Berat Piknometer + air + benda uji (BT)	1005 gr	974,81 gr
4.	Berat benda uji kering (BK)	492 gr	491gr
5.	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,645	2,612
6.	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,690	2,660
7.	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,764	2,744
8.	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	1,626%	1,833%

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 11 Pemeriksaan 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 : 2016

No	Keterangan	Benda Uji	
		1	2
1.	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1009,52 gr	1005,86 gr
2.	Berat benda uji alam air (BA)	615,2 gr	621,14 gr
3.	Berat benda uji dikering oven (BK)	981,85 gr	986,06 gr
4.	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,49	2,563
5.	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,56	2,614
6.	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,678	2,702
7.	Penyerapan air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	2,818 %	2,008 %

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 12 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	2	
1.	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl ₂ selama ($\pm 10,1$ menit)	Mulai	11.10	11.11
		Selesai	11.20	11.21
2.	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	11.23	11.23
		Selesai	11.43	11.43
3.	<i>Clay reading</i> (pembacaan lumpur) (inchi)	5,4	4,7	
4.	<i>Sand reading</i> (pembacaan pasir) (inchi)	4	3,2	
5.	$Sand\ equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100\ %$	74,07	68,09	
6.	Rata-rata	71,08%		
Kadar Lumpur = 100% - <i>Sand Equivalent</i> = 28,92%				

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 13 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 (*ABRASI TEST*)

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2017

No	Jenis gradasi		F	
	Saringan		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	2500
7.	12,5 mm (0,5'')	09,5 mm (3/8'')	2500	2500
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	5000
12.	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		3281,53	4125,62
13.	KEAUSAN = (A-B)/A X 100		34,37%	17,49%
14.	Rata-rata keausan		25,93 %	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 14 Hasil Pengujian *Marshall* dalam Mencari KAO Campuran Beraspal Pen 60/70



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kalurung KM 14.4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL TEST

Tanggal Pengujian: 27-Apr-17
Tipe Campuran: Porus (AAPA 2004)

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFVA (%)	n VIM (%)	o	p	Koreksi Tebal	q Stab. (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
5A	72.85	5.26	5.00	1158.50	1185.64	615.81	569.83	2.03	2.51	9.33	71.53	19.14	28.47	32.76	19.14	32.00	682.06	0.81	554.39	2.40	230.99
5 B	78.48	5.26	5.00	1153.93	1187.28	619.44	567.84	2.03	2.51	9.32	71.50	19.18	28.50	32.71	19.18	36.00	767.32	0.73	561.32	2.90	193.56
5 C	79.10	5.26	5.00	1157.75	1170.65	614.60	556.05	2.08	2.51	9.55	73.26	17.19	26.74	35.72	17.19	37.00	788.63	0.70	548.64	2.60	211.02
								2.05					28.48	33.73	18.50				554.78	2.63	211.86
5.5 A	78.12	5.82	5.50	1185.89	1193.51	619.66	573.85	2.07	2.50	10.43	72.33	17.24	27.67	37.68	17.24	42.00	895.20	0.74	658.91	3.40	193.80
5.5 B	74.54	5.82	5.50	1175.30	1191.10	613.57	577.53	2.04	2.50	10.27	71.23	18.50	28.77	35.69	18.50	49.00	1044.40	0.79	825.82	3.00	275.27
5.5 C	74.77	5.82	5.50	1179.48	1191.27	612.48	578.79	2.04	2.50	10.28	71.32	18.39	28.68	35.86	18.39	47.00	1001.77	0.78	778.25	2.95	263.81
								2.05					28.22	36.69	18.05				754.32	3.12	244.29
6A	74.67	6.38	6.00	1173.32	1185.41	620.77	564.64	2.08	2.48	11.44	72.35	16.22	27.65	41.36	16.22	43.00	916.52	0.78	714.12	4.00	178.53
6 B	74.36	6.38	6.00	1168.55	1171.87	628.69	543.18	2.15	2.48	11.84	74.90	13.26	25.10	47.18	13.26	44.00	937.83	0.78	734.28	3.70	198.45
6 C	72.27	6.38	6.00	1143.50	1150.56	618.04	532.52	2.15	2.48	11.82	74.76	13.42	25.24	46.83	13.42	46.00	980.46	0.82	807.59	2.35	343.66
								2.13					26.00	45.12	14.30				752.00	3.35	240.21
6.5A	72.56	6.95	6.50	1131.20	1143.26	613.72	529.54	2.14	2.46	12.74	73.98	13.29	26.02	48.95	13.29	39.00	831.26	0.81	669.54	3.60	185.98
6.5 B	66.67	6.95	6.50	1061.12	1077.07	615.16	461.91	2.30	2.46	13.70	79.55	6.75	20.45	67.00	6.75	40.00	852.57	0.88	749.52	3.40	220.45
6.5 C	73.35	6.95	6.50	1137.95	1141.60	571.75	569.85	2.00	2.46	11.91	69.15	18.94	30.85	38.60	18.94	41.00	873.89	0.80	702.17	3.30	212.78
								2.14					25.77	51.52	12.99				707.08	3.43	206.40
7A	72.65	7.53	7.00	1156.09	1160.80	626.16	534.64	2.16	2.45	13.89	74.48	11.63	25.52	54.42	11.63	42.00	895.20	0.80	720.04	3.20	225.01
7 B	74.70	7.53	7.00	1168.00	1174.07	633.42	540.65	2.16	2.45	13.87	74.41	11.71	25.59	54.22	11.71	38.00	809.94	0.78	630.78	3.30	191.14
7 C	73.11	7.53	7.00	1162.17	1175.89	626.32	549.57	2.11	2.45	13.58	72.84	13.58	27.16	50.00	13.58	42.00	895.20	0.81	723.21	3.40	212.71
								2.15					26.09	52.88	12.31				691.34	3.30	209.62

t	=	Tebal Benda Uji	l	=	BJ Maksimum, (100 - (% Agr/BJ Agr + % Asp/BJ Asp))	p	=	o x Kalibrasi <i>Proving Ring</i>	BJ Agregat	=	2.70
a	=	% Aspal Terhadap Batuan	i	=	(b x g) : Bj Asp	q	=	p x Koreksi Tebal Benda Uji (stabilitas)	Kalibrasi <i>Proving Ring</i>	=	21.3143 kg
b	=	% Aspal Terhadap Campuran	j	=	(100 - b) x g : BJ Agregat	r	=	Flow (Kelelahan Plastis)	Mengetahui,		
c	=	Berat Kering Sebelum direndam	k	=	Jumlah Kandungan Rongga, (100 - j)	MQ	=	<i>Marshall Quotient</i>			
d	=	Berat Basah Jenih (SSD)	l	=	Rongga Terhadap Agregat (VMA), (100 - j)	Suhu Pencampuran	=	± 155°C	Mengetahui		Yogyakarta, 14 Agustus 2017
e	=	Berat didalam Air	r	=	Rongga Terisi Aspal (VFVA), (100 x (f))	Suhu Pematatan	=	± 145°C	Ka.Lab Jalan Raya UII		Peneliti,
f	=	Volume (s), (d-e)	r	=	Rongga Dalam Campuran (VITM), (100 - (100 x (g/h))	Suhu Waterbath	=	60°C			
g	=	Berat Isi (<i>density</i>), (c/f)	c	=	Pembacaan Arloji Stabilitas						

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 15. Grafik *Marshall* dalam Mencari KAO

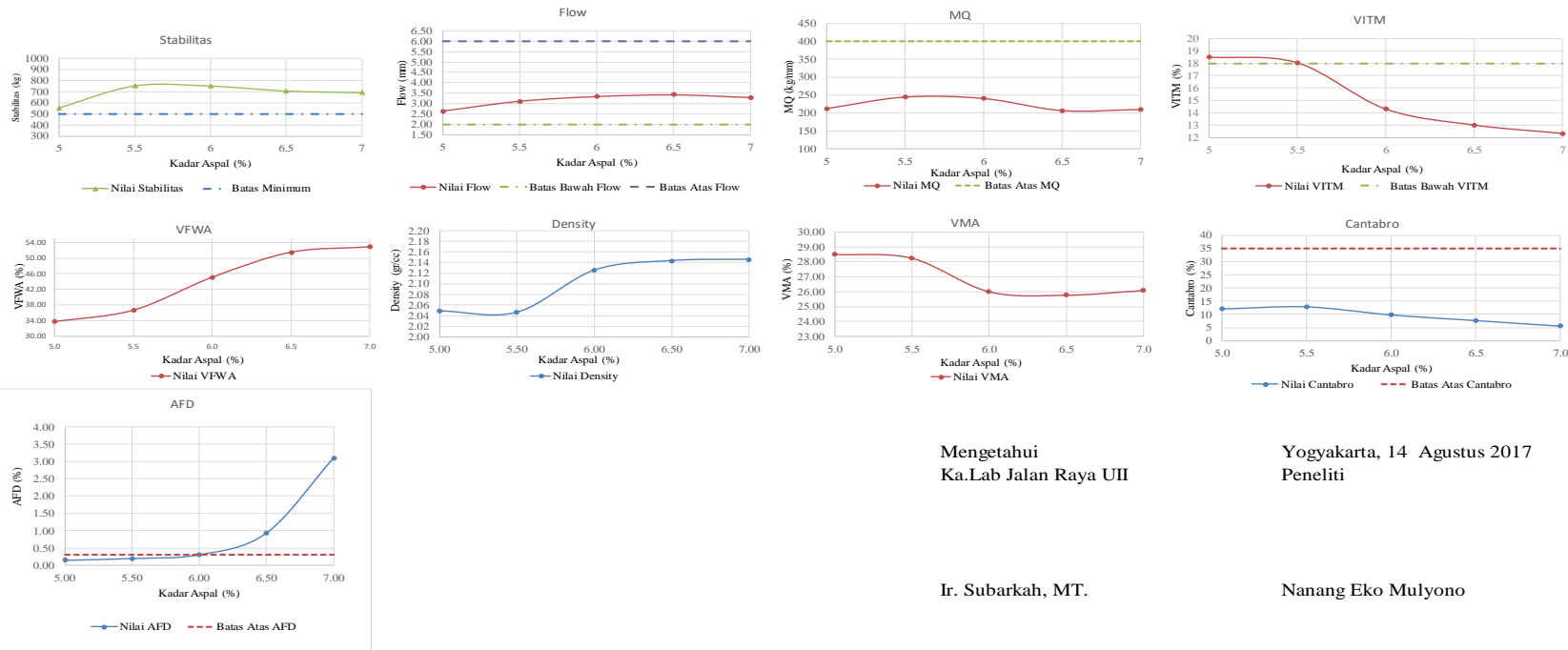


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

GRAFIK HASIL PENGUJIAN *MARSHALL*



Mengetahui
 Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
 Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 16 Hasil Pengujian *AFD* untuk KAO



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN ASPHALT FLOW DOWN (*AFD*) UNTUK MENCARI KAO

Persen Aspal		Weight (g)			Oven		Berat Aspal meleleh (m3-m1) (g)	Berat Tortal Sampel (m2-m1) (g)	Nilai <i>AFD</i> (%)	<i>AFD</i> Rata2 (%)
		m1	m2	m3	mulai	selesai				
5.0%	1	310.01	1463.23	311.88	14.10	15.10	1.87	1153.22	0.16	0.15
	2	307.26	1480.90	309.36	14.20	15.20	2.10	1173.64	0.18	
	3	302	1482.44	303.17	14.30	15.30	1.17	1180.44	0.10	
5.5%	1	302.15	1457.92	305.50	14.25	15.00	3.35	1155.77	0.29	0.20
	2	305.19	1460.89	307.20	14.30	15.30	2.01	1155.7	0.17	
	3	301.87	1468.20	303.36	14.40	15.40	1.49	1166.33	0.13	
6.5%	1	309.54	1465.75	311.61	14.00	15.00	2.07	1156.21	0.18	0.30
	2	301.38	1456.29	306.25	14.05	15.05	4.87	1154.91	0.42	
	3	305.82	1458.26	309.42	14.15	15.15	3.60	1152.44	0.31	
6.0%	1	301.34	1457.92	308.84	10.45	11.45	7.50	1156.58	0.65	0.93
	2	311.56	1470.57	319.33	10.50	11.50	7.77	1159.01	0.67	
	3	298.45	1463.00	315.57	11.05	12.05	17.12	1164.55	1.47	
7.0%	1	305.12	1446.15	336.59	11.20	12.20	31.47	1141.03	2.76	3.09
	2	302.4	1452.16	323.04	11.25	12.25	20.64	1149.76	1.80	
	3	297.51	1444.93	351.8	11.35	12.35	54.29	1147.42	4.73	

keterangan

m1 = berat cetakan berupa nampan + aluminium foil (g)

m2 = berat cetakan beserta campuran beraspal (g)

m3 = berat cetakan beserta campuran beraspal yang melekat (g)

Mengetahui

Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017

Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 17 Hasil Pengujian *Cantabro* unruk KAO



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



PENGUJIAN ASPHALT FLOW DOWN (AFD) UNTUK MENCARI KAO

Persen Aspal		Berat		Berat Sebelum diabrasi	Kehilangan Berat	rata-rata
		(g)		(g)	(%)	
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
5.0%	1	1151.7	1008.35	143.35	12.45	12.12
	2	1197.24	1075.71	121.53	10.15	
	3	1165.45	1005.21	160.24	13.75	
5.5%	1	1148.34	1013.89	134.45	11.71	12.94
	2	1149.34	997.42	151.92	13.22	
	3	1166.31	1004.36	161.95	13.89	
6.0%	1	1167.35	1043.31	124.04	10.63	9.86
	2	1158.57	1021.23	137.34	11.85	
	3	1192.24	1107.5	84.74	7.11	
6.5%	1	1162.42	1054.06	108.36	9.32	7.73
	2	1168.33	1112.48	55.85	4.78	
	3	1143.1	1039.34	103.76	9.08	
7.0%	1	1164.1	1102.09	62.01	5.33	5.60
	2	1153.81	1060.91	92.9	8.05	
	3	1149.78	1110.53	39.25	3.41	

Mo = Berat sebelum diabrasi (gr)

Mi = Berat Setelah diabrasi (gr)

L = Presentase kehilangan berat (%)

Mengetahui

Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017

Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

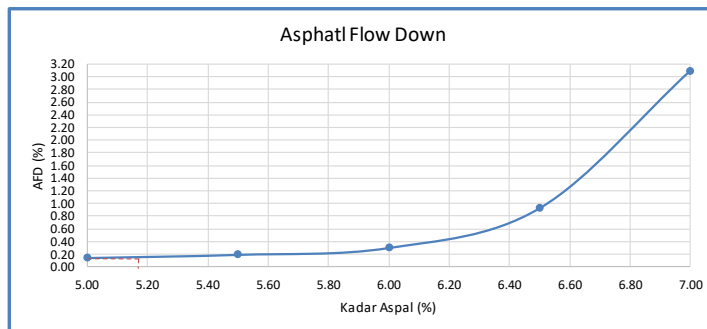
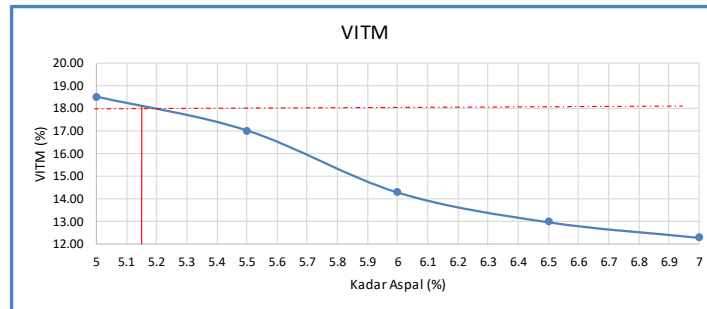
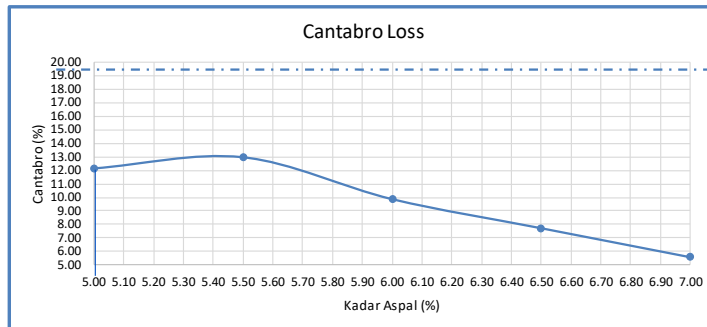
Lampiran 18 Penentuan Kadar Aspal Optimum



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



Perhitungan Kadar Aspal Optimum

No	Nama	Nilai
1	Cantabro Loss	5.00
2	VITM	5.15
3	Rata-Rata Cantabro dan VITM	5.08
4	AFD	0.17
5	Aspal Optimum	5.25
KAO DAPAT		5.25

Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 19 Hasil Pengujian *Marshall Test* 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

Tanggal Pengujian: 1-Jun-17
Tipe Campuran: Porus (AAPA 2004)

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)
A	73.54	5.54	5.25	1153.64	1196.67	639.70	556.97	2.071	2.535	10.356	71.355	18.288	28.64	36.15	18.29	35	746.07	0.7946	592.83	3.10	191.23
B	73.36	5.54	5.25	1162.98	1194.24	638.05	556.19	2.091	2.535	10.455	72.034	17.511	27.97	37.38	17.51	34	724.75	0.7971	577.70	2.60	222.19
C	77.94	5.54	5.25	1181.26	1216.40	640.56	575.84	2.051	2.535	10.257	70.669	19.074	29.33	34.97	19.07	31	660.81	0.7355	486.02	2.71	179.34
								2.071					28.31	36.17	18.29				552.18	2.80	197.59
A	77.46	5.54	5.25	1165.64	1203.34	634.50	568.84	2.049	2.535	10.246	70.593	19.161	29.41	34.84	19.16	34	724.75	0.7934	575.02	3.38	170.12
B	77.01	5.54	5.25	1162.34	1198.75	640.09	558.66	2.081	2.535	10.403	71.676	17.921	28.32	36.73	17.92	38	810.02	0.7690	622.90	2.85	218.56
C	77.30	5.54	5.25	1175.4	1205.46	640.30	565.16	2.080	2.535	10.399	71.648	17.954	28.35	36.68	17.95	34	724.75	0.7853	569.15	3.80	149.78
								2.065					28.87	35.78	18.35				589.02	3.34	194.34
A	76.29	5.54	5.25	1175.09	1206.49	630.00	576.49	2.038	2.535	10.192	70.221	19.587	29.78	34.22	19.59	36	767.39	0.8095	621.20	3.95	157.27
B	74.53	5.54	5.25	1150.13	1183.17	637.49	545.68	2.108	2.535	10.539	72.610	16.852	27.39	38.48	16.85	46	980.55	0.7790	763.85	3.58	213.37
C	76.34	5.54	5.25	1164.81	1200.72	648.33	552.39	2.109	2.535	10.543	72.643	16.813	27.36	38.54	16.81	38	810.02	0.7928	642.18	3.12	205.83
								2.073					28.58	36.35	18.22				675.74	3.55	192.15
A	77.63	5.54	5.25	1164.87	1199.14	632.74	566.40	2.057	2.535	10.283	70.850	18.867	29.15	35.28	18.87	48	1023.18	0.7548	772.30	3.80	203.24
B	75.61	5.54	5.25	1136.64	1167.41	631.50	535.91	2.121	2.535	10.605	73.067	16.329	26.93	39.37	16.33	48	1023.18	0.7708	788.67	3.53	223.42
C	73.79	5.54	5.25	1168.88	1195.85	635.56	560.29	2.086	2.535	10.431	71.869	17.700	28.13	37.08	17.70	50	1065.82	0.7478	797.02	3.17	251.42
								2.089					28.04	37.33	17.63				785.99	3.50	226.03
A	74.63	5.54	5.25	1169.97	1197.20	641.52	555.68	2.105	2.535	10.527	72.533	16.939	27.47	38.33	16.94	50	1065.82	0.7878	839.65	2.68	313.30
B	75.62	5.54	5.25	1167.38	1197.69	635.16	562.53	2.075	2.535	10.376	71.491	18.132	28.51	36.40	18.13	48	1023.18	0.7735	791.43	3.18	248.88
C	74.24	5.26	5.00	1177.12	1201.11	650.65	550.46	2.138	2.544	10.183	73.863	15.954	26.14	38.96	15.95	48	1023.18	0.7735	791.43	3.18	248.88
								2.106					27.37	37.89	17.01				807.50	3.01	270.35

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

h = B.J Maksimum, (100 : (% Agr/B.J Agr + % Asp/B.J Asp))
i = (b x g) : B.J Asp
j = (100 - b) x g : B.J Agregat
k = Jumlah Kandungan Rongga, (100-i-j)
l = Rongga Terhadap Agregat (VMA), (100 - j)
m = Rongga Terisi Aspal (VFWA), (100 x (i/l))
n = Rongga Dalam Campuran (VITM), (100 - (100 x (g/h)))
o = Pembacaan Arloji Stabilitas

p = o x Kalibrasi *Proving Ring*
q = p x Koreksi Tebal Benda Uji (stabilitas)
r = *Flow* (Kelelahan Plastik)
MQ = *Marshall Quotient*
Suhu Pencampuran = ± 180°C Mengetahui
Suhu Pematangan = ± 170°C Ka.Lab Jalan Raya UII
Suhu Waterbath = 60°C

B.J Agregat = 2.7504
Kalibrasi *Proving Rin* = 21.3163 kg

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

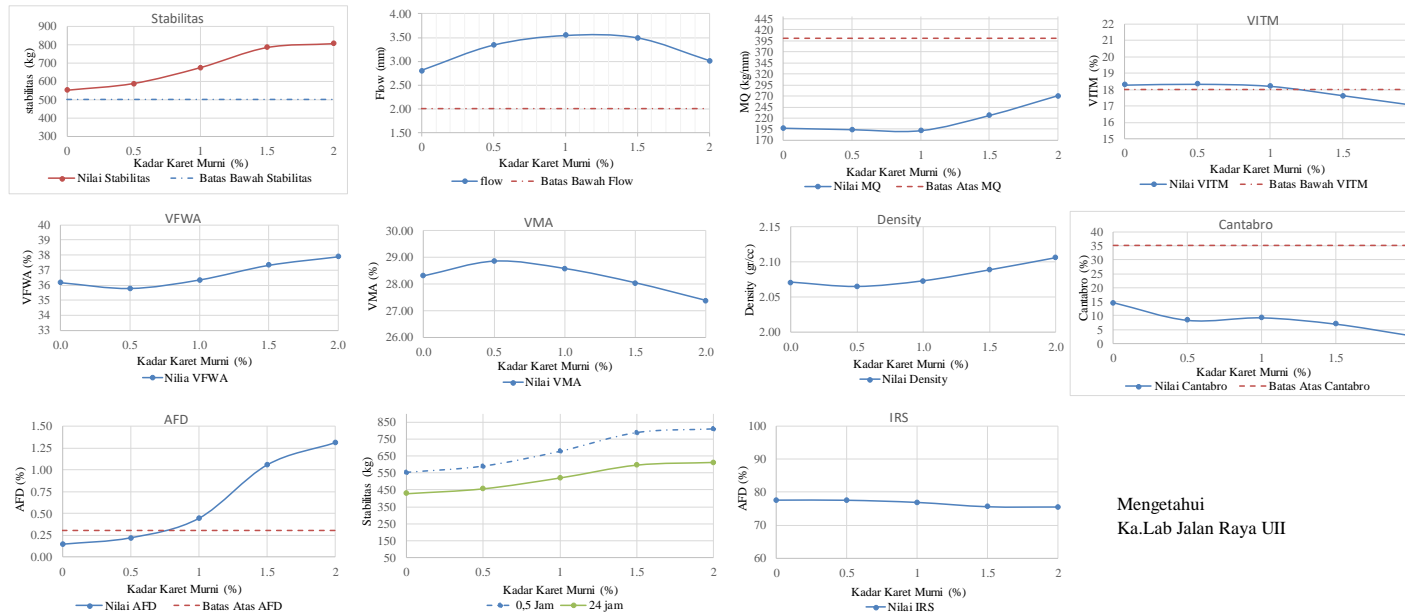
Lampiran 20 Grafik Hasil Pengujian *Marshall Test* Pada KAO



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



GRAFIK HASIL PENGUJIAN *Marshall*



Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 21 Hasil Pengujian Immersion Test



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 IMMERSION TEST

Tanggal Pengujian: 1-Jun-17
Tipe Campuran: Porus (AAPA 2004)

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)
A	74.24	5.54	5.25	1160.84	1192.10	643.50	548.60	2.116	2.535	10.580	72.896	16.524	27.10	39.03	16.52	21	447.64	0.7355	329.24	4.65	70.80
B	75.44	5.54	5.25	1179.74	1216.80	648.89	567.91	2.077	2.535	10.387	71.564	18.049	28.44	36.53	18.05	33	703.44	0.7505	527.90	4.30	122.77
C	75.59	5.54	5.25	1171.58	1210.56	645.76	564.80	2.074	2.535	10.372	71.460	18.168	28.54	36.34	18.17	34	724.75	0.7523	545.26	4.35	0.00
								2.089					27.77	37.30	17.58				428.57	4.43	56.89
A	77.89	5.54	5.25	1177.58	1216.25	652.03	564.22	2.087	2.535	10.435	71.900	17.664	28.10	37.14	17.66	28	596.86	0.7811	466.19	3.29	141.70
B	75.87	5.54	5.25	1161.18	1193.01	643.55	549.46	2.113	2.535	10.567	72.803	16.630	27.20	38.85	16.63	28	596.86	0.7559	451.17	3.28	137.55
C	76.18	5.54	5.25	1158.37	1194.87	640.03	554.84	2.088	2.535	10.439	71.923	17.638	28.08	37.18	17.64	28	596.86	0.7598	453.49	3.55	127.74
								2.096					27.65	37.99	17.31				456.95	3.37	76.83
A	74.13	5.54	5.25	1152.13	1182.52	644.88	537.64	2.143	2.535	10.715	73.824	15.461	26.18	40.93	15.46	30	639.49	0.7342	469.49	3.80	123.55
B	75.19	5.54	5.25	1156.18	1188.19	641.32	546.87	2.114	2.535	10.571	72.833	16.596	27.17	38.91	16.60	39	831.34	0.7474	621.35	4.28	145.18
C	74.22	5.54	5.25	1161.62	1195.20	642.56	552.64	2.102	2.535	10.510	72.412	17.079	27.59	38.09	17.08	28	596.86	0.7848	468.38	4.04	115.94
								2.120					26.98	39.31	16.38				519.74	4.04	76.94
A	74.49	5.54	5.25	1157.25	1189.66	637.23	552.43	2.095	2.535	10.474	72.167	17.359	27.83	37.63	17.36	37	788.70	0.7814	616.31	3.38	182.34
B	75.41	5.54	5.25	1147.26	1178.57	640.12	538.45	2.131	2.535	10.653	73.401	15.945	26.60	40.05	15.95	35	746.07	0.7501	559.65	4.38	127.77
C	76.93	5.54	5.25	1139.78	1172.05	632.02	540.03	2.111	2.535	10.553	72.709	16.738	27.29	38.67	16.74	37	788.70	0.7691	606.61	2.98	203.56
								2.112					27.24	38.78	16.68				594.19	3.58	171.22
A	75.63	5.54	5.25	1168.06	1208.49	649.04	559.45	2.088	2.535	10.439	71.927	17.634	28.07	37.19	17.63	38	810.02	0.7528	609.81	3.36	181.49
B	75.99	5.54	5.25	1184.99	1219.09	662.72	556.37	2.130	2.535	10.649	73.373	15.977	26.63	39.99	15.98	35	746.07	0.7574	565.06	3.18	177.69
C	76.41	5.54	5.25	1169.15	1201.67	650.71	550.96	2.122	2.535	10.610	73.103	16.287	26.90	39.45	16.29	42	895.28	0.7626	682.77	3.18	214.71
								2.113					27.20	38.88	16.63				609.81	3.24	181.49

- | | | | |
|----------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| t = Tebal Benda Uji | h = BJ Maksimum, (100 - (% Agr/BJ Agr + % Asp/BJ Asp)) | p = o x Kalibrasi Proving Ring | BJ Agregat = 2.7504 |
| a = % Aspal Terhadap Batuan | i = (b x g) : Bj Asp | q = p x Koreksi Tebal Benda Uji (stabilitas) | Kalibrasi Proving Ring = 21.3163 kg |
| b = % Aspal Terhadap Campuran | j = (100 - b) x g : BJ Agregat | r = Flow (Kelelahan Plastis) | |
| c = Berat Kering Sebelum Diredam | k = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - i - j) | MQ = Marshall Quotient | |
| d = Berat Basah Jenuh (SSD) | l = Rongga Terhadap Agregat (VMA), (100 - j) | Suhu Pencampuran = ± 180°C Mengetahui | Yogyakarta, 14 Agustus 2017 |
| e = Berat didalam Air | m = Rongga Terisi Aspal (VFWA), (100 x (d)) | Suhu Pemadatan = ± 170°C Ka.Lab Jalan Raya UII | Peneliti |
| f = Volume (isi), (d-e) | n = Rongga Dalam Campuran (VITM), (100 - (100 x (g/h))) | Suhu Waterbath = 60°C | |
| g = Berat Isi (density), (c/f) | o = Pembacaan Arloji Stabilitas | | |

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 22 Grafik Hasil *Immersion Test* pada KAO



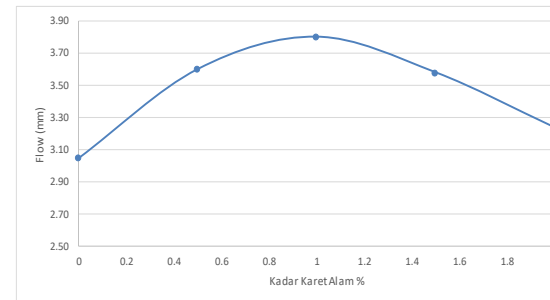
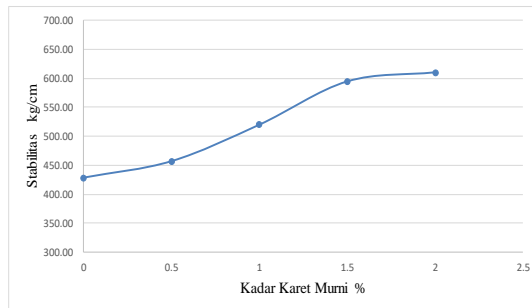
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN IMMERSION TEST

Tanggal Pengujian: 14-Aug-17
Tipe Campuran: Porus (AAPA 2004)



Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, MT.

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 23 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength*



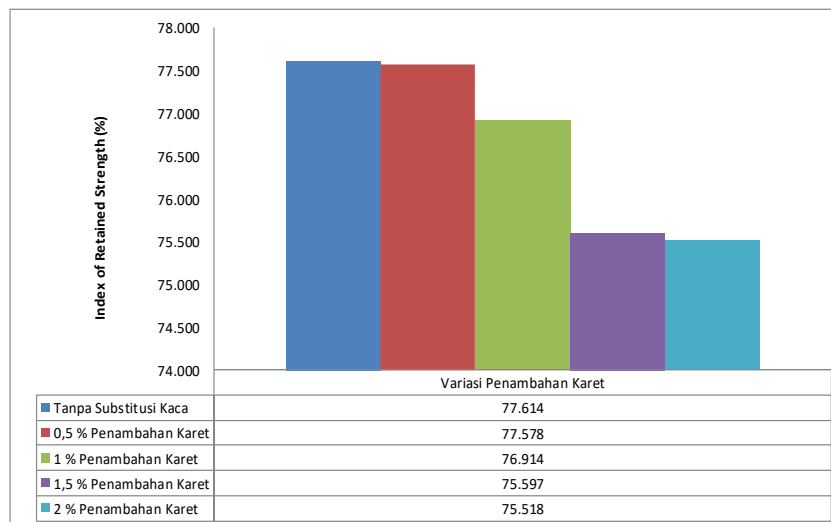
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL INDEX OF RETAINED STRENGTH

Kadar Substitusi	Lama Perendaman		Index of Retained Strength (%)	Keterangan
	0.5 Jam	24 Jam		
0	552	429	77.614	Memenuhi
0.5	589	457	77.578	Memenuhi
1	676	520	76.914	Memenuhi
1.5	786	594	75.597	Memenuhi
2	808	610	75.518	Memenuhi



Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 24 Tabel Konstanta A0

Diameter (inci)	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4
3,5	0,177	0,077	-0,2847	0,268	-0,9966	0,05056	-0,1545	-0,9765	-0,0204	-0,1545	0,05056
3,6	0,172	0,075	-0,2769	0,2683	-0,9968	0,04786	-0,1461	-0,9560	-0,0193	-0,1481	0,04786
3,7	0,168	0,073	-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	0,067	-0,2494	0,2692	-0,9974	0,03896	-0,1185	-0,8954	-0,0156	-0,1185	0,03896
4,1	0,152	0,066	-0,2433	0,2694	-0,9975	0,03712	-0,1129	-0,8810	-0,0149	-0,1129	0,03712
4,2	0,49	0,064	-0,2375	0,2696	-0,9976	0,03541	-0,1076	-0,8671	-0,0142	-0,1076	0,03541
4,3	0,45	0,063	-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	0,059	-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	0,056	-0,2080	0,2704	-0,9982	0,02723	-0,0825	-0,7930	-0,0109	-0,0825	0,02723
4,9	0,128	0,055	-0,2037	0,2706	-0,9983	0,02618	-0,0792	-0,7820	-0,0105	-0,0792	0,02615
5	0,126	0,054	-0,1997	0,2707	-0,9983	0,02512	-0,0760	-0,7714	-0,0100	-0,0761	0,02513
5,1	0,123	0,053	-0,1958	0,2708	-0,9984	0,02418	-0,0731	-0,7610	-0,0097	-0,0731	0,02416
5,2	0,121	0,052	-0,1920	0,2709	-0,9985	0,02325	-0,0703	-0,7510	-0,0093	-0,0703	0,02325
5,3	0,119	0,051	-0,1884	0,2709	-0,9985	0,02239	-0,0677	-0,7413	-0,0090	-0,0677	0,02240
5,4	0,116	0,05	-0,1849	0,271	-0,9986	0,02158	-0,0652	-0,7319	-0,0086	-0,0652	0,02156
5,5	0,114	0,049	-0,1816	0,2711	-0,9986	0,02081	-0,0629	-0,7227	-0,0083	-0,0629	0,02061
5,6	0,112	0,048	-0,1783	0,2712	-0,9987	0,02008	-0,0607	-0,7138	-0,0080	-0,0607	0,02008
5,7	0,11	0,048	-0,1752	0,2713	-0,9987	0,01539	-0,0586	-0,7051	-0,0078	-0,0586	0,01939
5,8	0,109	0,047	-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	0,045	-0,1665	0,2714	-0,9988	0,01752	-0,0529	-0,6804	-0,0070	-0,0529	0,01752
6,1	0,103	0,045	-0,1638	0,2715	-0,9989	0,01695	-0,0512	-0,6727	-0,0068	-0,0512	0,01696
6,2	0,102	0,044	-0,1611	0,2716	-0,9989	0,01642	-0,0495	-0,6651	-0,0066	-0,0495	0,01642
6,3	0,1	0,043	-0,1586	0,2716	-0,9989	0,01590	-0,0480	-0,6577	-0,0064	-0,0480	0,01591
6,4	0,099	0,042	-0,1561	0,2717	-0,9990	0,01542	-0,0465	-0,6504	-0,0062	-0,0465	0,01542
6,5	0,097	0,042	-0,1537	0,2717	-0,9990	0,01495	-0,0451	-0,6434	-0,0060	-0,0451	0,01495

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 25 Hasil Pengujian Permeabilitas Tekanan 1.1



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 PERMEABILITAS

Benda Uji	Kadar Aspal	V cm ³	L cm	γ Air gr/cm ³	A cm ²	P dyne/cm ²	T detik	K cm/detik	rata rata	Keterangan
0	5.25	1000	7.50	1	78.540	1	19	5.03	4.85	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.54	1	78.540	1	19	5.05		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.40	1	78.540	1	21	4.48		Drainasi Sangat Baik
0.5	5.25	1000	7.37	1	78.540	1	20	4.69	4.37	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.40	1	78.540	1	21	4.49		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.39	1	78.540	1	24	3.92		Drainasi Sangat Baik
1	5.25	1000	7.42	1	78.540	1	25	3.78	4.11	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.29	1	78.540	1	23	4.04		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.43	1	78.540	1	21	4.51		Drainasi Sangat Baik
1.5	5.25	1000	7.53	1	78.540	1	23	4.17	3.94	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.53	1	78.540	1	25	3.83		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.52	1	78.540	1	25	3.83		Drainasi Sangat Baik
2	5.25	1000	7.35	1	78.540	1	25	3.74	3.78	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.25	1	78.540	1	28	3.29		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.41	1	78.540	1	22	4.29		Drainasi Sangat Baik

K (cm/detik)	Permeabilitas
1×10^{-8}	Kedap
1×10^{-6}	Hampir Kedap
1×10^{-4}	Drainasi Jelek
1×10^{-2}	Drainasi Sedang
1×10^{-1}	Drainasi Baik
1×10	Drainasi Sangat Baik

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T.)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 26 Hasil Pengujian Permeabilitas Tekanan 2.2



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 PERMEABILITAS

Benda Uji	Kadar Aspal	V cm ³	L cm	γ Air gr/cm ³	A cm ²	P dyne/cm ²	T detik	K cm/detik	rata rata	Keterangan
0	5.25	1000	7.50	1	78.540	2	12	3.98	3.87	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.54	1	78.540	2	12	4.00		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.40	1	78.540	2	13	3.62		Drainasi Sangat Baik
0.5	5.25	1000	7.37	1	78.540	2	14	3.35	3.73	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.40	1	78.540	2	12	3.93		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.39	1	78.540	2	12	3.92		Drainasi Sangat Baik
1	5.25	1000	7.42	1	78.540	2	13	3.63	3.61	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.29	1	78.540	2	13	3.57		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.43	1	78.540	2	13	3.64		Drainasi Sangat Baik
1.5	5.25	1000	7.53	1	78.540	2	15	3.19	3.54	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.53	1	78.540	2	14	3.42		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.52	1	78.540	2	12	3.99		Drainasi Sangat Baik
2	5.25	1000	7.35	1	78.540	2	13	3.60	3.54	Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.25	1	78.540	2	15	3.08		Drainasi Sangat Baik
	5.25	1000	7.41	1	78.540	2	12	3.93		Drainasi Sangat Baik

K (cm/detik)	Permeabilitas
1×10^{-8}	Kedap
1×10^{-6}	Hampir Kedap
1×10^{-4}	Drainasi Jelek
1×10^{-2}	Drainasi Sedang
1×10^{-1}	Drainasi Baik
1×10	Drainasi Sangat Baik

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti,

(Ir. Subarkah, M.T)

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 27 Hasil Pengujian Asphalt Flow Down



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

PENGUJIAN ASPHALT FLOW DOWN (AFD)

Persen Aspal		Weight (g)			Oven		Berat Aspal meleleh (m3-m1) (g)	Berat Tortal Sampel (m2-m1) (g)	Nilai AFD (%)	AFD Rata2 (%)
		m1	m2	m3	mulai	selesai				
0.0%	1	310.01	1447.08	311.88	9.15	10.15	1.87	1137.07	0.16	0.15
	2	307.26	1476.14	309.36	9.20	10.20	2.10	1168.88	0.18	
	3	302	1453.03	303.17	9.25	10.25	1.17	1151.03	0.10	
0.5%	1	302.15	1474.75	306.51	10.50	11.50	4.36	1172.6	0.37	0.22
	2	305.19	1458.80	307.00	10.55	11.55	1.81	1153.61	0.16	
	3	301.87	1272.20	303.20	11.00	12.00	1.33	970.33	0.14	
1.0%	1	309.54	1479.44	313.10	13.45	14.45	3.56	1169.9	0.30	0.45
	2	301.38	1475.31	308.32	13.50	14.50	6.94	1173.93	0.59	
	3	305.82	1482.35	311.00	13.55	14.55	5.18	1176.53	0.44	
1.5%	1	301.34	1455.67	314.21	8.45	9.45	12.87	1154.33	1.11	1.06
	2	311.56	1480.33	324.00	8.50	9.50	12.44	1168.77	1.06	
	3	298.45	1461.75	310.00	9.00	10.00	11.55	1163.3	0.99	
2.0%	1	305.12	1457.33	319.28	9.20	10.20	14.16	1152.21	1.23	1.31
	2	302.4	1487.64	317.00	9.25	10.25	14.60	1185.24	1.23	
	3	297.51	1482.25	315.00	9.30	10.30	17.49	1184.74	1.48	

keterangan

m1 = berat cetakan berupa nampan + aluminium foil (g)

m2 = berat cetakan beserta campuran beraspal (g)

m3 = berat cetakan beserta campuran beraspal yang melekat (g)

Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 28 Hasil Pengujian *Cantabro*



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

Cantabro Loss pada KAO

Persen Aspal		Berat		Berat Sebelum diAbrasi	Kehilangan Berat	
		(g)		(g)	(%)	
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	rata-rata
0.0%	1	1176.41	991.53	184.88	15.72	14.63
	2	1169.81	998.23	171.58	14.67	
	3	1176.41	1017.57	158.84	13.50	
0.5%	1	1117.99	1053.82	64.17	5.74	8.37
	2	1174.57	1046.77	127.8	10.88	
	3	1185.44	1084.73	100.71	8.50	
1.0%	1	1176.35	1069.83	106.52	9.06	9.25
	2	1150.84	1056.25	94.59	8.22	
	3	1175.73	1064.67	111.06	9.45	
1.5%	1	1175.9	1105.41	70.49	5.99	7.02
	2	1165.8	1092.67	73.13	6.27	
	3	1160.84	1058.67	102.17	8.80	
2.0%	1	1166.36	1124.35	42.01	3.60	2.98
	2	1171.13	1136.53	34.6	2.95	
	3	1176.46	1148.43	28.03	2.38	

Mo = Berat sebelum diabrasi (gr)

Mi = Berat Setelah diabrasi (gr)

L = Presentase kehilangan berat (%)

Mengetahui
Ka.Lab Jalan Raya UII

Yogyakarta, 14 Agustus 2017
Peneliti

Ir. Subarkah, MT.

Nanang Eko Mulyono

Lampiran 29 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



Aspal / bitumen



Piknometer



Timbangan Digital

Lampiran 30 Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal



Stopwatch



Termometer



Senter



Cawan Berisi Aspal



Alat Penetrasi

Lampiran 31 Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal



Mesin Uji



Termometer

Lampiran 32 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



Alat pengujian titik nyala dan titik bakar aspal



Termometer

Lampiran 33 Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE



Pengaduk



Larutan TCE



Bekker Glass



Timbangan Digital



Alat / Pompa Hisap



Oven



Kertas Saring



Aspal / Bitumen

Lampiran 34 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



StopWatch



Bejana Gelas



Termometer



Alat Pemanas



Cincin Kuningan

Lampiran 35. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



Timbangan + Keranjang kawat



Oven



Kain Lap

Lampiran 36 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



Cone dan Penumbuk



Piknometer



Oven



Timbangan

Lampiran 37 Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal



Termometer



Oven



Bekker Glass

Lampiran 38. Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat



Mesin *Los Angeles*



Bola Baja



Timbangan

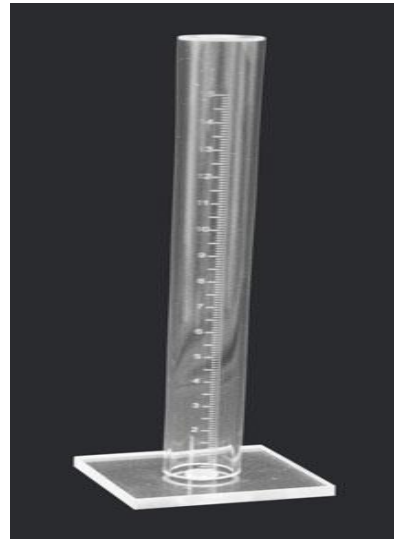


Oven

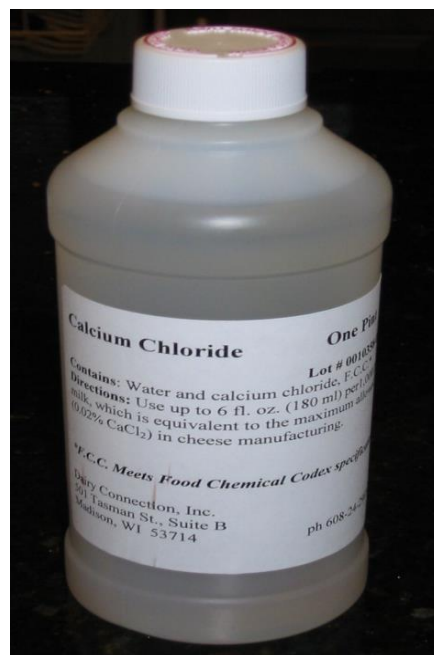
Lampiran 39 . Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent*



1 Set Alat Pengujian



Silinder Ukur



Larutan CaCl₂

Lampiran 40 Gambar Alat Analisis Saringan



Saringan



Kuas



Alat Penguncang saringan



Cetok dan Wadah



Timbangan

Lampiran 41 Gambar Alat Pembuatan Sampel



Satu set Alat Penumbuk



Wajan dan Pengaduk



Mold



Ejector (Hydrolic Pump)

Lampiran 42. Gambar Alat Pengujian *Marshall* dan *Immersion*



Water Bath dan Sarung Tangan



Alat Pengujian *Marshall* dan *Immersion*



Timbangan + keranjang



Kain Lap

Lampiran 43. Gambar Alat Pengujian *ITS*



Alat Pengujian *ITS*



Timbangan Digital

Lampiran 44. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas



Alat Pengujian Permeabilitas



StopWatch

Lampiran 45. Gambar Alat Pengujian *Canabro*



Alat Pengujian *Canabro*



Timbangan Digital

Lampiran 46 Gambar Alat Pengujian AFD



Penampian dan Olif Oil



Timbangan Digital



Oven

Lampiran 47. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas



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.	Benda Uji	Kode	Tekanan	
			1 : 1	2 : 2
			Waktu (menit/detik)	Waktu (menit/detik)
1.	PA	0	0' 19"	0' 12"
2.	PB		0' 19"	0' 12"
3.	PC		0' 21"	0' 13"
4.	PA	0,5	0' 22"	0' 14"
5.	PB		0' 21"	0' 12"
6.	PC		0' 24"	0' 12"
7.	PA	1	0' 25"	0' 12"
8.	PB		0' 23"	0' 12"
9.	PC		0' 21"	0' 12"
10.	PA	1,5	0' 19"	0' 11"
11.	PB		0' 20"	0' 12"
12.	PC		0' 20"	0' 12"
13.	PA	2	0' 25"	0' 13"
14.	PB		0' 28"	0' 15"
15.	PC		0' 22"	0' 12"

Yogyakarta, 26 Mei 2017

diperiksa oleh

Sani Primawista, A.Md



Lampiran 48. Gambar Alat Pengujian



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.	Benda Uji	Kode	Tekanan	
			1 : 1	2 : 2
			Waktu (menit/detik)	Waktu (menit/detik)
1	PA	1	0' 25"	0' 13"
2	PB		0' 23"	0' 13"
3	PC		0' 21"	0' 13"
4	PA	1,5	0' 23"	0' 15"
5	PB		0' 25"	0' 14"
6	PC		0' 25"	0' 12"

Yogyakarta, 13 Juli 2017
diperiksa oleh

Sani Primawista, A.Md

