

TESIS

**PENGARUH BAHAN *ADDITIVE* KARET ALAM
TERHADAP DURABILITAS ASPAL PORUS DENGAN
METODE PENCAMPURAN BERTAHAP
DIBANDINGKAN DENGAN PENCAMPURAN
KONVENSIONAL**

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



MENTARI

18914040

**KONSENTRASI TEKNIK TRASPORTASI
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TESIS

***THE EFFECT OF NATURAL RUBBER ADDITIVES ON
THE DURABILITY OF PORUS ASPHALT WITH THE
SEQUENTIAL MIXING METHOD COMPARED TO
CONVENTIONAL MIXING***

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

Disusun oleh



Diperiksa dan disetujui oleh :

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

Dosen Pembimbing I

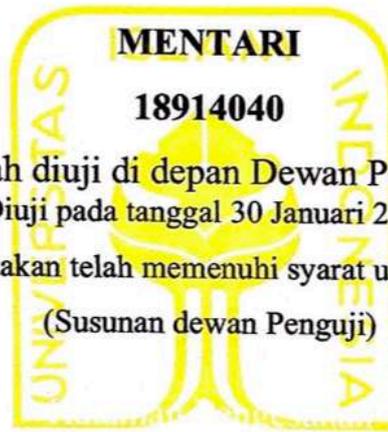
Tanggal :

TESIS

***THE EFFECT OF NATURAL RUBBER ADDITIVES ON
THE DURABILITY OF PORUS ASPHALT WITH THE
SEQUENTIAL MIXING METHOD COMPARED TO
CONVENTIONAL MIXING***

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

Disusun oleh :



Telah diuji di depan Dewan Penguji
Diuji pada tanggal 30 Januari 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima
(Susunan dewan Penguji)

Pembimbing I

Penguji I

Penguji II

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D. Ir. Berlian Kushari, S.T., M. Eng., IPM

Yogyakarta,
Universitas Islam Indonesia
Program Studi Magister Teknik Sipil
Ketua Program,



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti M.T.

PERYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila kemudian terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Yogyakarta, 30 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



MENTARI
NIM : 1891 4040

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul pengaruh kadar *Latex* terhadap durabilitas aspal porus dengan metode pencampuran bertahap dibandingkan dengan pencampuran konvensional. Laporan Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Perencanaan Teknik Transportasi (S-2) di Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tesis ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat doa, dukungan, saran, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tesis,
2. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D. selaku Dosen Penguji I Tesis, yang telah memberikan banyak masukan, saran, dan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari,
3. Bapak Ir. Berlian Kushari, ST., M.Eng., IPM. Penguji II Tesis, yang telah memberikan banyak masukan, saran, dan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari,
4. Keluarga tercinta, Ibu, Bapak dan Adik serta teman yang telah memberikan doa, semangat, motifasi berupa dukungan terselesainya Tesis ini.

Penulis berharap agar Tesis ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 30 Januari 2023
Penulis



Mentari
(1891 4040)

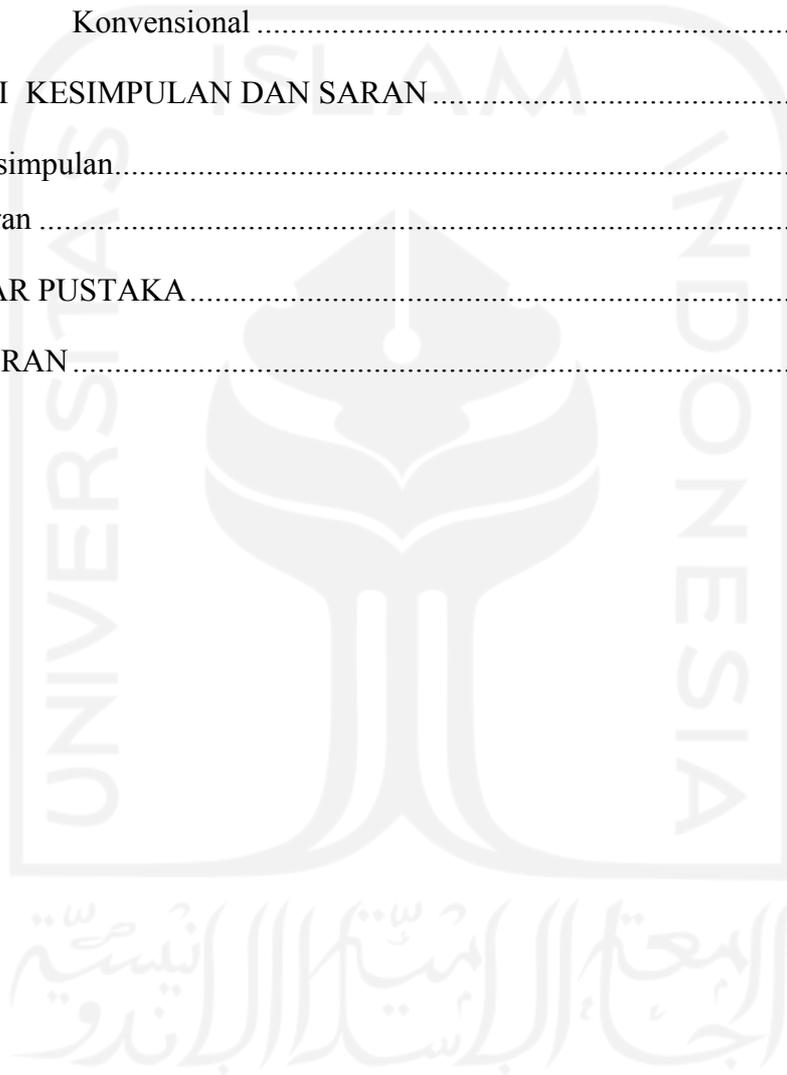
DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
PERYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	X
DAFTAR TABEL.....	XIII
DAFTAR LAMPIRAN.....	XVI
ABSTRAK.....	XX
<i>ABSTRACT</i>	XXI
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kinerja Perkerasan Jalan Metode Pencampuran Bertahap.....	7
2.2 Kinerja Campuran Aspal Porus.....	8
2.3 Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Zat Aditif.....	8
2.4 Karet alam (<i>latex</i>) aditif pada campuran aspal.....	9
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1 Campuran Aspal Porus.....	14
3.1.1 Agregat.....	14
3.1.2 Aspal /bitumen.....	18

3.2	Bahan Tambah (<i>Additive</i>) Karet alam	20
3.3	Perencanaan Campuran Aspal Porus	21
3.4	Metode Pencampuran Bertahap.....	22
3.5	Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i>	23
3.5.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	23
3.5.2	Kelelehan (<i>Flow</i>).....	24
3.5.3	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	24
3.5.4	<i>VITM (Void in the Total Mix)</i>	24
3.5.5	<i>VFWA (Void Filled With Asphalt)</i>	25
3.5.6	<i>VMA (Void in Mineral Agregate)</i>	26
3.5.7	Kepadatan (<i>Density</i>)	26
3.6	Pengujian <i>Cantabro Test</i>	27
3.7	<i>Asphalt Flow Down (AFD)</i>	27
3.8	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	28
3.9	Pengujian Durabilitas Campuran Aspal.....	28
3.9.1	Pengujian <i>Immersion Test (IRS)</i>	28
3.9.2	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> dan <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i>	30
3.10	Pengujian <i>Wheel Tracking Test</i>	32
3.11	Analisis Statistik	34
BAB IV METODE PENELITIAN.....		36
4.1	Metode Penelitian	36
4.2	Bahan dan Alat Penelitian.....	36
4.2.1	Bahan Penelitian.....	36
4.2.2	Alat Penelitian.....	36
4.3	Langkah-Langkah Penelitian.....	38
4.3.1	Pengujian Bahan.....	38
4.3.2	Perencanaan Campuran Penelitian	40
4.4	Bagan Alir Penelitian.....	53
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		55

5.1 Hasil Penelitian.....	55
5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	55
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	56
5.1.3 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Campuran Aspal Porus 10 mm dalam Menentukan Kadar Aspal Optimum (<i>KAO</i>).....	57
5.1.4 Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus 10 mm pada Kadar Aspal Optimum (<i>KAO</i>).....	61
5.1.5 Hasil Analisis Statistik Anova	64
5.2 Pembahasan	66
5.2.2 Karakteristik Agregat Halus	68
5.2.3 Karakteristik Aspal.....	69
5.2.4 Karakteristik <i>Marshall</i> Standar, <i>Cantabro Loss</i> dan <i>Asphalt Flow Down</i> untuk Mencari Kadar Aspal Optimum.....	72
5.2.5 Pengaruh Metode Pencampuran Bertahap Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Campuran <i>Porous</i> 10 MM.	80
5.2.6 Pengaruh Metode Pencampuran Bertahap dan Konvensional Terhadap Karakteristik <i>Immersion Test</i> Pada Campuran <i>Porous</i> Menggunakan Aspal Modifikasi.....	90
5.2.7 Karakteristik Indirect Tensile Strenght (<i>ITS</i>) Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal <i>Latex</i> Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional	92
5.2.8 Karakteristik <i>Tensile Strenght Ratio</i> (<i>TSR</i>) Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal <i>Latex</i> Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional	94
5.2.9 Karakteristik <i>Cantabro Loss</i> Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal <i>Latex</i> Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional	95
5.2.10 Karakteristik <i>Asphalt Flow Down</i> (<i>AFD</i>) Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal <i>Latex</i>	

Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional	97
5.2.11 Karakteristik <i>Wheel Tracking Machine (WTM)</i> Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal <i>Latex</i> Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional	98
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	104
6.1 Kesimpulan.....	104
6.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN	112



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Ilustrasi Proses Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Bertahap.....	23
Gambar 3.2	Pengujian Tarik Tidak Langsung (ITS)	31
Gambar 3.3	Hubungan Waktu dan Deformasi	33
Gambar 4.1	Rencana Gradasi Campuran Aspal Porus 10 mm.....	41
Gambar 4.2	Bagan Metodologi Alir Penelitian.....	54
Gambar 5. 1	Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai <i>VIM</i>	59
Gambar 5.2	Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai <i>Cantabro Loss</i>	59
Gambar 5.3	Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai <i>Asphalt Flow Down</i>	60
Gambar 5.4	Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan <i>VIM</i>	73
Gambar 5.5	Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan <i>VFWA</i>	74
Gambar 5.6	Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan <i>VMA</i>	75
Gambar 5.7	Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Density</i>	76
Gambar 5.8	Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.....	76
Gambar 5.9	Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i>	77
Gambar 5.10	Hubungan Kadar Aspal dengan <i>MQ</i>	78
Gambar 5.11	Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Cantabro Loss</i>	79
Gambar 5.12	Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Asphalt Flow Down</i>	80
Gambar 5.13	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>VIM</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap.....	81
Gambar 5.14	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>VFWA</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap.....	82
Gambar 5.15	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>VMA</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap.....	84
Gambar 5.16	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>Density</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap.....	85

Gambar 5.17	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai Stabilitas Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	86
Gambar 5.18	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>Flow</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	88
Gambar 5.19	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>MQ</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	89
Gambar 5.20	Grafik Perbandingan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>Stabilitas</i> Lama Rendaman <i>Waterbath</i> 24 jam.....	90
Gambar 5.21	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>IRS</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	91
Gambar 5. 22	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>ITS</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	93
Gambar 5. 23	Grafik Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>TSR</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	94
Gambar 5. 24	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>Cantabro Loss</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	96
Gambar 5. 25	Grafik Hubungan Kadar <i>Latex</i> Terhadap Nilai <i>AFD</i> Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap	97
Gambar 5.26	Grafik Penambahan <i>Latex</i> dengan Waktu Pembebanan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Konvensional	98
Gambar 5.27	Grafik Penambahan <i>Latex</i> dengan Jumlah Lintasan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Konvensional.....	99
Gambar 5.28	Grafik Penambahan <i>Latex</i> dengan Waktu Pembebanan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Bertahap	100
Gambar 5.29	Grafik Penambahan <i>Latex</i> dengan Jumlah Lintasan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Bertahap	100

Gambar 5.30 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai Kecepatan Deformasi Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap 101

Gambar 5.31 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai Stabilitas Dinamis Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap 102



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan penelitian tentang Campuran Aspal Porus dengan penelitian yang akan dilaksanakan	11
Tabel 3. 1	Spesifikasi Agregat Kasar.....	15
Tabel 3.2	Spesifikasi Agregat Halus.....	16
Tabel 3. 3	Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus <i>AAPA</i> (2004)	18
Tabel 3. 4	Persyaratan Aspal Keras	20
Tabel 3. 5	Persyaratan Aspal Emulsi Modifikasi	21
Tabel 3. 6	Spesifikasi Aspal Porus	22
Tabel 3. 7	Spesifikasi Penentuan KAO.....	28
Tabel 4. 1	Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus.....	40
Tabel 4. 2	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5%.....	43
Tabel 4. 3	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5%.....	43
Tabel 4. 4	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6%.....	44
Tabel 4. 5	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5%.....	44
Tabel 4. 6	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 7%.....	45
Tabel 4. 7	Jenis Campuran Aspal Porus dengan bahan Karet Alam <i>additive</i>	45
Tabel 4. 8	Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum.....	46
Tabel 4. 9	Jumlah Benda Uji Metode Konvensional untuk Pengujian <i>Immersion Test (IRS), ITS, TSR, dan Wheel Tracking Test</i>	46
Tabel 4. 10	Jumlah Benda Uji Metode Bertahap Uji untuk Pengujian <i>Immersion Test (IRS), ITS, TSR, dan Wheel Tracking Test</i>	47
Tabel 4. 11	Jumlah Benda Uji Pengujian <i>AFD</i> dan <i>Cantabro Test</i>	47
Tabel 5. 1	Hasil Pengujian Agregat Kasar	55
Tabel 5. 2	Hasil Pengujian Agregat Halus	56
Tabel 5. 3	Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	57
Tabel 5. 4	Hasil Pengujian Penyusun Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	57
Tabel 5. 5	Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan KAO.....	58
Tabel 5. 6	Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> untuk Menentukan KAO	58

Tabel 5. 7 Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> untuk Menentukan KAO ...	58
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Pembacaan Grafik <i>VIM</i> , <i>Cantabro Loss</i> , dan <i>Asphalt Flow Down</i> untuk Menentukan KAO.....	60
Tabel 5.9 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Menggunakan Metode Pencampuran Konvensional dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi Latex	61
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi Latex	62
Tabel 5. 11 Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength (IRS)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran Konvensional dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	62
Tabel 5. 12 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	62
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian <i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	63
Tabel 5. 14 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	63
Tabel 5. 15 Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	63
Tabel 5. 16 Hasil Kecepatan Deformasi dari Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	64
Tabel 5. 17 Hasil Stabilitas Dinamis dari Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi <i>Latex</i>	64
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Anova untuk Sifat Fisik Aspal Lateks terhadap Aspal Pen 60/70.....	65

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Two Way Anova untuk Kadar Latex Terhadap <i>Marshall Test, IRS, ITS, TSR, Wheel Tracking, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down</i>	65
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Two Way Anova untuk Pengaruh Dua Metode Pencampuran Terhadap <i>Marshall Test, IRS, ITS, TSR, Wheel Tracking, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down</i> ..	66



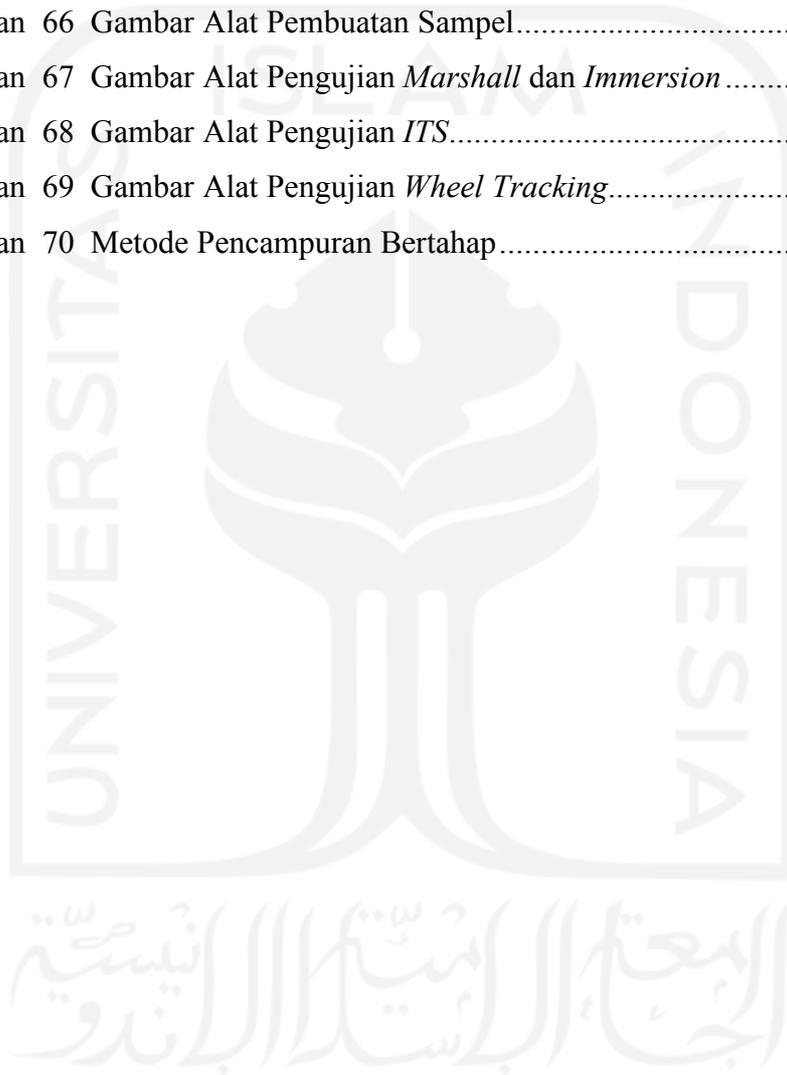
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70	113
Lampiran 2	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Modifikasi	114
Lampiran 3	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70.....	115
Lampiran 4	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Modifikasi.....	116
Lampiran 5	Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70.....	117
Lampiran 6	Pemeriksaan Penetrasi Aspal Modifikasi.....	118
Lampiran 7	Pemeriksaan Titik Nyala & Bakar Aspal Pen 60/70.....	119
Lampiran 8	Pemeriksaan Titik Nyala & Bakar Aspal Modifikasi	120
Lampiran 9	Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam <i>CCL4/TCE</i>	121
Lampiran 10	Pemeriksaan Kelarutan Aspal Modifikasi dalam <i>CCL4/TCE</i> ..	122
Lampiran 11	Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70.....	123
Lampiran 12	Pemeriksaan Daktilitas Aspal Modifikasi	124
Lampiran 13	Pemeriksaan Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan Natrium Sulfat	125
Lampiran 14	Pemeriksaan Kekekalan Agregat Terhadap Aspal	126
Lampiran 15	Pemeriksaan Kehausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> ...	127
Lampiran 16	Pemeriksaan Butiran Kasar Agregat Kasar	128
Lampiran 17	Pemeriksaan Partikel Pipih dan Lonjong	129
Lampiran 18	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	130
Lampiran 19	Pemeriksaan Material Lolos Saringan 200.....	131
Lampiran 20	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	132
Lampiran 21	Pemeriksaan Setara Pasir	133
Lampiran 22	Pemeriksaan Material Lolos Saringan No. 200.....	134
Lampiran 23	Pemeriksaan Gumpalan Lempung dan Kumpulan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat.....	135
Lampiran 24	Pengujian Marshall dalam Mencari KAO pada Campuran Aspal Porus.....	136
Lampiran 25	Pengujian <i>Cantabro Loss</i> dalam Mencari KAO Pada Campuran Aspal Porus.....	137

Lampiran 26	Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> dalam Mencari Nilai KAO Pada Campuran Aspal Porus	138
Lampiran 27	Pengujian Marshall Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	139
Lampiran 28	Pengujian Marshall Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	140
Lampiran 29	Pengujian Perendaman Marshall 24 Jam Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	141
Lampiran 30	Pengujian Perendaman Marshall 24 Jam Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	142
Lampiran 31	Pengujian <i>IRS</i> 24 Jam Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	143
Lampiran 32	Pengujian <i>IRS</i> 24 Jam Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	144
Lampiran 33	Pengujian <i>ITS</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	145
Lampiran 34	Pengujian <i>ITS</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	146
Lampiran 35	Pengujian <i>TSR</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	147
Lampiran 36	Pengujian <i>TSR</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	148
Lampiran 37	Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	149
Lampiran 38	Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	150
Lampiran 39	Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	151
Lampiran 40	Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	152

Lampiran 41	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	153
Lampiran 42	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i>	154
Lampiran 43	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 0%	155
Lampiran 44	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 2,5%	156
Lampiran 45	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 5%	157
Lampiran 46	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 7,5%	158
Lampiran 47	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 0%	159
Lampiran 48	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 2,5%	160
Lampiran 49	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 5%	161
Lampiran 50	Pengujian <i>Wheel Tracking</i> Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif <i>Latex</i> 7,5%	162
Lampiran 51	Analisis <i>ANOVA</i> Karakteristik Aspal	163
Lampiran 52	Analisis <i>TWO WAY ANOVA</i>	164
Lampiran 53	Analisis <i>TWO WAY ANOVA</i> Perbandingan Metode Konvensional dan Bertahap	165
Lampiran 54	Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	167
Lampiran 55	Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal	168
Lampiran 56	Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal	169
Lampiran 57	Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	170
Lampiran 58	Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam <i>TCE</i>	171
Lampiran 59	Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	172
Lampiran 60	Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	173

Lampiran 61	Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	174
Lampiran 62	Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal	175
Lampiran 63	Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat	176
Lampiran 64	Gambar Alat Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	177
Lampiran 65	Gambar Alat Analisis Saringan	178
Lampiran 66	Gambar Alat Pembuatan Sampel.....	179
Lampiran 67	Gambar Alat Pengujian <i>Marshall</i> dan <i>Immersion</i>	180
Lampiran 68	Gambar Alat Pengujian <i>ITS</i>	181
Lampiran 69	Gambar Alat Pengujian <i>Wheel Tracking</i>	182
Lampiran 70	Metode Pencampuran Bertahap.....	184



ABSTRAK

Aspal porus merupakan salahsatu alternatif campuran perkerasan yang kandungan rongga/pori lebih besar, diharapkan memiliki kekesatan yang tinggi dan pori yang dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran. Namun kandungan rongga yang besar pada campuran aspal porus membuat ketahanan dan kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal lainnya. Oleh sebab itu, penelitian menggunakan aditif *Latex* sebagai solusi untuk mengatasi kelemahan tersebut. Penggunaan alternatif dua metode pencampuran sangat perlu untuk dilakukan juga diterapkan untuk melihat perbedaan kinerja campuran aspal porus. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar *Latex* terhadap durabilitas aspal porus dengan metode pencampuran bertahap dibandingkan dengan pencampuran konvensional.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan pengujian laboratorium, diawali dengan pengujian sifat fisik material terhadap agregat, aspal Pen 60/70, dan aspal modifikasi *Latex*. kemudian menentukan kadar aspal optimum pada campuran aspal porus. Selanjutnya melakukan beberapa pengujian *Marshall Standard*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Cantabro Loss (CL)*, *Asphalt Flow Down (AFD)*, dan *Wheel Tracking* dengan variasi kadar aditif *Latex* 0%; 2,5%; 5%; dan 7,5% terhadap kadar aspal optimum menggunakan metode pencampuran konvensional dan bertahap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum campuran *Porous* menunjukkan hasil ketahanan (durabilitas) yang dilihat dari hasil perendaman *waterbath* pada nilai *IRS*, *TSR* dimana baik hingga 5% penambahan kadar *Latex*. Menunjukkan campuran aspal porus tahan terhadap perubahan suhu, iklim dan cuaca. nilai *CL*, *AFD* dengan penggunaan *Latex* sebagai aditif cenderung menurun signifikan, dan peningkatan nilai stabilitas, *MQ* dan *VFWA* membuat campuran aspal porus menjadi tidak berongga, sehingga campuran lebih padat tahan terhadap daya betur dan kuat tarik. didukung dengan hasil pengujian *Wheel Tracking* dimana metode pencampuran bertahap menunjukkan ketahanan deformasi yang lebih baik sehingga mampu menerima beban lalu lintas berulang dibanding metode pencampuran konvensional.

Kata Kunci : Metode pencampuran, *Porous*, *Index of Retained, Tensile Strength Ratio*, *Cantabro Loss*, *Asphalt Flow Down*, *Wheel Tracking*,

ABSTRACT

Porous asphalt is an alternative pavement mixture that contains larger voids/pores, which is expected to have high roughness and pores that can function as drainage channels in the mixture. However, the large cavity content in the porous asphalt mixture makes its resistance and strength lower compared to other asphalt mixtures. Therefore, research uses Latex additives as a solution to overcome these weaknesses. The use of alternative two mixing methods is very necessary to be applied to see the difference in the performance of porous asphalt mixtures. The aim of this study was to determine the effect of latex content on the durability of porous asphalt with a Sequential mixing method compared to conventional mixing.

In this study, several stages of laboratory testing were carried out, starting with testing the physical properties of the material on aggregate, Pen 60/70 asphalt, and Latex modified asphalt. then determine the optimum asphalt content in the porous asphalt mixture. Then carried out several Marshall Standard tests, Index of Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Strength (ITS), Tensile Strength Ratio (TSR), Cantabro Loss (CL), Asphalt Flow Down (AFD), and Wheel Tracking with varying levels of Latex additives 0%; 2.5%; 5%; and 7.5% of the optimum asphalt content using conventional and gradual mixing methods.

The results showed that in general the Porous mixture showed durability as seen from the results of water bath immersion at IRS, TSR values which were good up to 5% addition of Latex content. Shows porous asphalt mixture resistant to changes in temperature, climate and weather. the CL, AFD values with the use of Latex as an additive tend to decrease significantly, and the increase in stability, MQ and VFWA values makes the porous asphalt mixture less hollow, so that the denser mixture is more resistant to impact and tensile strength. supported by the results of the Wheel Tracking test where the Sequential mixing method shows better deformation resistance so that it is able to accept repeated traffic loads compared to the conventional mixing method.

Keywords : Mixing method, Porous, Index of Retained, Tensile Strength Ratio, Cantabro Loss, Asphalt Flow Down, Wheel Tracking,

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana dalam perkembangan politik, ekonomi, sosial budaya dan keamanan nasional, terdapat beberapa sarana transportasi salah satunya yaitu jalan raya (Hidayat, 2021). Jalan raya adalah prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di atas permukaan air serta di bawah permukaan tanah dan atau air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Di dunia modern yang mengalami peningkatan jumlah penduduk dan sarana transportasi, menyebabkan beban dipermukaan jalan semakin meningkat, dikombinasi dengan perubahan iklim cuaca buruk, hal tersebut mengurangi umur layanan perkerasan (Zang, 2020). Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan persyaratan perlu memperhatikan kualitas bahan campuran aspal yang dapat berpengaruh pada mutu campuran beraspal. Selain volume dan beban kendaraan yang menyebabkan kerusakan, genangan air dan ada berbagai aspek lain yang dapat membuat alur (*rutting*), *disintegration* dan *cracking* pada jalan. Oleh sebab itu memerlukan campuran perkerasan yang mempunyai sifat stabilitas dan durabilitas tinggi, tidak peka terhadap cuaca panas, tahan oksidasi, tahan terhadap rembesan air hujan, dan aman bagi lingkungan. Berbagai penelitian modifikasi aspal untuk meningkatkan kinerja campuran perkerasan sendiri telah banyak diteliti, untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya modifikasi campuran aspal porus.

Aspal porus merupakan campuran beraspal panas bergradasi terbuka dengan persentase agregat kasar yang besar dan persentase agregat halus yang kecil, sehingga membuat rongga udara yang besar (Diana, 1995). Aspal porus memiliki kandungan rongga/pori lebih besar yang diharapkan memiliki kekesatan yang

tinggi dan pori yang dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran (Amiruddin dkk, 2018). Lapisan aspal porus ini secara efektif memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di waktu hujan agar tidak terjadi aquaplaning yang menghasilkan kekesatan permukaan lebih kasar dan mengurangi kebisingan (Setyawan dan Sanusi, 2008). Perkerasan aspal porus memiliki dua fungsi, yaitu sebagai praktek pengelolaan limpasan air hujan dan untuk mendukung beban lalu lintas (Padilha dkk, 2018). Namun aspal porus sendiri memiliki kelemahan yaitu stabilitas yang lebih rendah dibanding campuran aspal lain, hal tersebut disebabkan oleh komposisi yang dominan agregat kasar sehingga campuran menjadi kaku dan cenderung mudah rapuh (Aquina,2014). Marizka (2021) melakukan pengujian perendaman *marshall IRS* dimana hasil tersebut menunjukkan terjadinya peningkatan durabilitas pada campuran aspal porus namun gaya tarik akibat rendaman (*TSR*) semakin menurun seiring penambahan kadar *Rediset LQ-1106*, hal tersebut menunjukkan bahwa campuran aspal porus sangat baik durabilitasnya dalam perendaman, perubahan suhu cuaca dan iklim, namun memiliki kekurangan daya tarik yang lemah. Menurut Djakfar dkk (2013), menyatakan kinerja campuran aspal porus dalam pengujian *marshall*, khususnya nilai stabilitas yang didapat hanya sekitar 480 kg. berarti tingkat stabilitas yang berada pada tataran 500 kg campuran aspal porus termasuk kedalam jenis campuran yang bersifat fungsional atau non struktural yang digunakan sebagai lapisan atas (*surface*), dan harus didukung oleh struktur perkerasan yang lebih baik.

Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan, perlu pemilihan jenis material yang baik, diataranya aspal mutu tinggi yang memodifikasi aspal dengan bahan aditif. Seperti yang dilakukan oleh saudara Mawarni (2019) menggunakan serbuk karet sebagai aditif pada campuran aspal porus hal tersebut mampu meningkatkan kekuatan aspal porus akibat daya bentur yang diuji melalui pengujian *Cantabro*, menunjukkan modifikasi aspal dengan aditif mampu meningkatkan ikatan antar aspal dan agregat menjadi semakin baik sehingga campuran aspal porus tidak mudah kehilangan berat. Bahan lain yang dapat digunakan yaitu elastomer getah karet (*lateks*). Menurut Manalu, dkk (2016) terkait kinerja penambahan getah karet pada campuran aspal porus mampu meningkatkan

nilai stabilitas campuran dan memenuhi persyaratan yang ditentukan. Karet alam (*Latex*) sendiri bahan alami yang ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia dan merupakan salah satu hasil perkebunan dalam negeri (Hermadi dan Ronny, 2015). Penambahan karet alam juga meningkatkan ketahanan (*durability*) terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca dan beban yang diterima oleh perkerasan jalan (wijaya, 2016). Putri (2019) dengan bertambahnya penggunaan zat aditif Latex (getah karet) kinerja pada durasi perendaman lebih lama di bandingkan dengan kinerja durabilitas bahan standar atau tanpa bahan tambah zat aditif.

Selain material yang baik proses pencampuran perkerasan juga merupakan tahapan penting dalam memperoleh kualitas campuran perkerasan yang baik. Terdapat beberapa metode pencampuran diantaranya metode konvensional yaitu dengan memanaskan seluruh agregat bersamaan hingga suhu tertentu, dilanjutkan dengan mencampurkan aspal yang telah dipanaskan kemudian diaduk hingga homogen (Roberts, Kandhal, Brown, Lee, dan Kennedy, 2009). Dan Metode bertahap menurut Kok and Kuloglu (2011) merupakan proses pencampuran yang dihasilkan secara berurutan, dengan mencampur aspal dan agregat kasar terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan *filler* dan agregat halus. Hasil proses pencampuran bertahap menunjukkan kinerja yang baik dalam hal kebisingan, gesekan, tekstur, ketahanan aus dan karat dibandingkan dengan campuran aspal campuran konvensional (Viman dkk., 2008).

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian yang dilakukan ini lebih berfokus untuk mengetahui perubahan kinerja durabilitas pada campuran porous apabila campuran menggunakan bahan ikat modifikasi aspal *Latex* yang ditambahkan setelah mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Dan peneliti juga membandingkan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap, dengan variable pengujian *IRS*, *TSR*, *AFD*, *Cantabro loss* dan *Wheel Tracking Test*.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, dibuat suatu rumusan masalah yang digunakan sebagai pertanyaan penelitian (*research question*). Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana penambahan *additive* karet alam terhadap durabilitas campuran aspal porus ?
2. Bagaimana perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap durabilitas campuran aspal porus ?
3. Bagaimana stabilitas dinamis dan kecepatan deformasi penambahan latex dengan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap terhadap campuran aspal porus ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis untuk pembaca dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik *Marshall Test* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.
2. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *Index of Retained Strength (IRS)* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.
3. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai kuat tarik tidak langsung (*ITS*) pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.
4. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.
5. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai ketahanan terhadap nilai *Cantabro Loss* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.

6. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai ketahanan terhadap nilai *Asphalt Flow Down* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.
7. Mengetahui pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap nilai ketahanan terhadap deformasi pada pengujian *wheel tracking* pada campuran *Porous Asphalt* 10 mm dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal modifikasi *Latex*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, antara lain sebagai berikut.

1. Memberi pengetahuan pada pembaca tentang karakteristik campuran aspal porus.
2. Mengembangkan kualitas pada Campuran aspal porus.
3. Mengetahui perbandingan nilai metode pencampuran konvensional dan metode bertahap.
4. Memberi nilai guna pada karet alam sebagai bahan tambah baku pembuatan aspal.
5. Mengembangkan varian bahan tambah pada campuran aspal porus
6. Mengetahui perbandingan penambahan karet alam terhadap durabilitas aspal porus .
7. Dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan di lapangan sebagai kontrol dalam desain apabila terjadi kesalahan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini dibutuhkan agar pembahasan tidak keluar dari tujuan awal yang ingin dicapai. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Klasifikasi Bahan adalah dengan Campuran aspal porus gradasi agregat 10 mm.
2. Kadar aspal yang digunakan untuk menentukan KAO yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat campuran total, menggunakan aspal pen 60/70.

3. Bahan tambah pada penelitian ini adalah karet alam kadar (0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%).
4. Penguji karakteristik campuran aspal porus, *Marshall Test*, *Immersion Test*, *ITS*, *Cantabro AFD* dan *Wheel Tracking* dengan penambahan karet alam sebagai *additive*.
5. Rendaman yang digunakan adalah 0,5 jam, 24 jam dan 48 jam.
6. Melakukan penelitian terhadap sifat-sifat kimia dari bahan yang pakai dalam objek penelitian.
7. Material Agregat kasar dan halus yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo.
8. Mengacu pada spesifikasi aspal porus sesuai *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*.
9. Pengujian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Perkerasan Jalan Metode Pencampuran Bertahap

Pengaruh urutan pencampuran pada kemampuan kerja dan kinerja campuran beraspal menunjukkan bahwa campuran aspal yang dihasilkan dengan metode pencampuran *sekuensial* lebih *workable* dengan segregasi yang lebih sedikit. Selanjutnya, karena luas permukaan spesifik yang lebih rendah dari agregat kasar yang dilapisi pada awal pencampuran dalam metode pencampuran berurutan, aspal dituntut memiliki viskositas yang lebih tinggi yang mengarah pada suhu pencampuran yang lebih rendah (Hesami E dkk, 2015).

Menurut Yoro dkk (2021) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja campuran *stone matrix asphalt concrete (SMAC)* yang diperkuat serat kelapa sawit menggunakan proses pencampuran tradisional dan sekuensial, dimana penelitian ini menunjukkan kadar optimum *waste palm fiber (WPOF)* dikedua campuran 0,3%, dan penggunaan *WPOF* sebagai penstabil untuk meningkatkan sifat campuran *SMAC* sedangkan, proses sekuensial menghasilkan sifat yang lebih baik bahkan pada *optimum bitumen content (OBC)* dan waktu pencampuran yang sedikit lebih rendah.

Menurut Kok dan Kuloglu (2011) melakukan penelitian menggunakan 3 jenis semen AC-5, AC-10 dan AC 20 sebagai bahan pengikat yang dimodifikasi dengan (*SBS Kraton D 1101*) dimana menggunakan metode dua fase yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik campuran aspal panas. Yang dimana hasil penelitian tersebut mengatakan bahwa metode dua fase ini meningkatkan *Marshall Quotient*, kekakuan, kekakuan mulur, umur kelelahan dan mampu mengurangi kerusakan aspal campuran panas yang disebabkan oleh kelembaban.

Menurut Zang dkk (2020) melakukan penelitian tentang pengaruh pencampuran dua fase pada sifat fungsional dan mekanik beton aspal berpori yang dimodifikasi *TPS/SBS*, dimana agregat kasar dilapisi terlebih dahulu dengan jumlah

pengikat yang optimal, diikuti dengan agregat halus, bahan pengisi dan sisa bitumen yang tersisa, hasilnya metode dua tahap mampu meningkatkan nilai kekakuan, pemisah dan retak lebih baik dibanding metode konvensional.

Hidayat (2021) juga pernah melakukan penelitian berupa pengaruh metode pencampuran dua tahap terhadap karakteristik campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA) 12,5 mm berbahan ikat aspal pen 60/70 dan aspal *Crumb Rubber* yang mana menunjukkan hasil bahwa campuran menggunakan metode dua tahap lebih baik dibandingkan metode pencampuran konvensional hal tersebut dinilai setelah melakukan pengujian *Marshall*, *ITS*, *IRS*, *TSR* dan *Cantabro* yang menunjukkan hasil lebih baik.

2.2 Kinerja Campuran Aspal Porus

Aspal porus adalah campuran beraspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain.. Kandungan rongga pori yang besar diharapkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran (Djumari, 2009). Campuran aspal porus dihampar dan dipadatkan pada permukaan perkerasan kedap air. Air yang jatuh pada permukaan aspal porus mampu menyerap air ke dalam lapisan atas (*wearing course*) baik secara vertikal maupun horizontal (Setyawan dan Sanusi, 2008).

Aspal porus adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dipadatkan mempunyai 20% pori-pori udara. Aspal porus umumnya memiliki stabilitas *marshall* yang lebih rendah dari beton aspal yang menggunakan gradasi rapat, stabilitas *marshall* akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus (Cabrera & Hamzah, 1996).

2.3 Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Zat Aditif

Falderika (2017) Aspal porus sendiri memiliki kekurangan, diantaranya seperti:

- 1 Stabilitas yang rendah;

- 2 Membutuhkan biaya yang mahal;
- 3 Mempunyai durabilitas yang rendah sehingga umur layan dari perkerasan tersebut berkisar 7 hingga 10 tahun;
- 4 Peluang terjadinya pelapukan pada perkerasan sangat tinggi;
- 5 Bahaya penguraian perkerasan.

Salah satu upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan yaitu perlu adanya penggunaan bahan tambah (*additive*). Bahan tambah merupakan material/bahan selain agregat dan aspal yang ditambahkan sebelum atau selama proses pemanasan aspal berlangsung. Bertujuan untuk meningkatkan kualitas aspal dan memberikan kemudahan (*workability*). Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003)

Menurut Marizka (2021) yang melakukan penelitian menggunakan campuran aspal porus dengan penambahan *additive Rediset LQ-1106*, menghasilkan kinerja campuran aspal porus yang lebih baik hal ini dilihat dari terjadinya peningkatan nilai stabilitas, *IRS*, *ITS*, *TSR* dan nilai stabilitas dinamis pada pengujian *Wheel Tracking*.

Menurut Ramadhan (2022) yang menggunakan *Gisolnite* sebagai aditif pada campuran aspal porus, juga mampu meningkatkan nilai stabilitas, *IRS*, *ITS*, *TSR* dan nilai stabilitas dinamis pada pengujian *Wheel Tracking*.

Sedangkan menurut Rizki (2018) dimana menggunakan campuran aspal porus modifikasi blend55 dan pengaruh tambahan latek, dimana hasilnya menunjukkan campuran memenuhi spesifikasi bina marga 2010 dan perubahan yang tidak terlalu signifikan.

2.4 Karet alam (*latex*) aditif pada campuran aspal

Modifikasi aspal karet merupakan dua campuran yang mengandung karet dan aspal yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja aspal antara lain mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat (Suroso, 2007)

Menurut Wijaya dkk (2016) dari penelitiannya yang menambahkan Lateks atau getah karet pada campuran aspal menggunakan pengujian *marshall* mampu meningkatkan nilai *stabilitas* cenderung naik, *flow* baik, *VMA*, *VIM*, *VFA*, dan kepadatan yang membaik.

Menurut Putri (2019) durability campuran AC-WC dengan penambahan zat aditif Getah Karet (*Latex*) lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC bahan standar, dan kinerja Durabilitas pada durasi perendaman pada campuran AC-WC dengan penambahan zat aditif Getah Karet (*Latex*) lebih lama di bandingkan dengan kinerja Durabilitas bahan standar atau tanpa tambahan zat aditif .

Menurut Trisilvana dkk (2014) Penambahan karet lateks terhadap kinerja *marshall* aspal porous menghasilkan nilai optimum 4% dan kadar lateks 2% dengan suhu perendaman 60°C dengan waktu perendaman 30 menit. Hal ini menunjukkan kadar lateks mampu meningkatkan nilai karakteristik Marshall Stabilitas, *VIM*, *Flow* dan *MQ* terhadap aspal porous.

Menurut Nursandah dan Zaenuri (2019) yang menambahkan karet alam cair (lateks) pada campuran laston AC-WC. Dimana menunjukkan hasil penambahan lateks mengalami peningkatan pada nilai dari stabilitas, flow, *Marshall Quotient*, dan *VFB*, sedangkan *VTIM* dan *VTMA* yang cenderung rendah.

Beberapa perbandingan lain dengan menggunakan bahan aditif lateks pada beton aspal, menunjukkan hasil mampu mengisi rongga pada campuran aspal dengan baik yang ditunjukkan pada nilai *VMA* dan *VIM* cenderung menurun dan *VFA* yang naik. Dan pengaruh lateks terhadap density juga sangat baik karena kepadatan yang mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar lateks (Wijaya dkk, 2016)

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian tentang Campuran Aspal Porus dengan penelitian yang akan dilaksanakan

No	Aspek	Trisilvana dkk (2014)	Rizki (2018)	Putri (2019)	Nursandah dan Zaenuri (2019)	Wijaya dkk (2016)	Ramadhan (2022)	Mariska (2021)	Yaro dkk (2021)	Kok dan Kuloglu (2011)	Zang dkk (2020)	Hidayat (2021)	Peneliti (2023)
1	Judul	Pengaruh Penambahan Bahan Alami Lateks (Getah Karet) Terhadap Kinerja Marshall Aspal Porus	Pengaruh Lateks Terhadap Parameter Marshall Campuran Aspal Porus Menggunakan Retona Blead 55	Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks (Getah Karet) Terhadap Durabilitas Campuran Lapisan Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)	Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall	Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks Pada Beton Aspal Terhadap Stabilitas	Kajian Kinerja Aspal Porus Dengan Menggunakan Gilsonetite additive	Studi Kerja Campuran Aspal Porus dengan Penambahan Bahan Additive Rediset LQ-1106	Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes	Effects of Two-Phase Mixing Method on Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt	The effect of two-phase mixing on the functional and mechanical properties of TPS/SBS-modified porous asphalt concrete	Pengaruh Metode Pencampuran Dua Tahap Terhadap Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Bahan Ikat Pen 60/70 Aspal Crumb Rubber	Pengaruh Kadar Aditif Karet Alam terhadap Karakteristik Aspal Porus Dengan Metode Pencampuran Bertahap.
2	Jenis Campuran	Mix Porous Asphalt; AC 60/70	Mix Porous Asphalt, Retona Blend 55	AC-BC	Laston AC-WC	Laston	Asphalt Porouse 10 mm	Asphalt Porouse 13 mm	SMA 20, Asphalt PEN 60/70	Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)	Asphalt Porouse 13 mm	SMA 12 mm	Asphalt Porouse 10 mm
3	Bahan yang ditambahkan	Lateks (Getah Karet)	Lateks (Getah Karet)	Lateks (Getah Karet)	Lateks (Getah Karet)	Lateks (Getah Karet)	Gilsonetite	Rediset LQ-1106	waste palm oil fiber and ordinary Portland cement (OPC)	AC-5, AC-10, dan AC-20	TPS/SBS	Crumb Rubber	Karet alam
4	Parameter Yang Diukur	Karakteristik Marshall.	Karakteristik Marshall.	Karakteristik Marshall, Durabilitas	Karakteristik Marshall	Karakteristik Marshall	karakteristik material, Marshall, Asphalt Flow Down, Cantabro, ITS, IRS, TSR, Wheel Tracking Test	karakteristik material, Marshall, Asphalt Flow Down, Cantabro, ITS, IRS, TSR, Wheel Tracking Test	Dua Metode Pencampuran, Marshall, Drain down, Moisture susceptibility test (ITS), Cantabro test, Stiffness modulus.	Metode pencampuran dua tahap, Marshall Quotient, IRS, dan ITS	Metode pencampuran dua tahap, Material Test, Rutting Test, Split Test, Fatigue Test, Noise Reduction Test, Drainage Test.	Metode pencampuran dua tahap, karakteristik material, Marshall, Asphalt Flow Down, Cantabro Loss, ITS, TSR.	Metode pencampuran, karakteristik material, Marshall, Asphalt Flow Down, Cantabro, ITS, IRS, TSR, Wheel Tracking Test

Sumber: Trisilvana dkk (2014); Rizki (2018); Putri (2019); Nursandah dan Zaenuri (2019); Wijaya dkk (2016); Ramadhan (2022); Mariska (2021); Yaro dkk (2021); Kok dan Kuloglu (2011); Zang dkk (2020); Hidayat (2021).

Lanjutan Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian tentang Campuran Aspal Porus dengan penelitian yang akan dilaksanakan

No	Aspek	Trisilvana dkk (2014)	Rizki (2018)	Putri (2019)	Nursandah dan Zaenuri (2019)	Wijaya dkk (2016)	Ramadhan (2022)	Mariska (2021)	Yaro dkk (2021)	Kok dan Kuloglu (2011)	Zang dkk (2020)	Hidayat (2021)	Peneliti (2023)
5	Hasil	Kadar lateks mampu meningkatkan nilai karakteristik <i>Marshall</i> Stabilitas, <i>VIM</i> , <i>Flow</i> dan <i>MQ</i> terhadap aspal porus.	Menggunakan campuran aspal porus modifikasi blend55 dan pengaruh tambahan latek, dimana hasilnya menunjukkan campuran memenuhi spesifikasi bina marga 2010 dan perubahan yang tidak terlalu signifikan.	Durability campuran AC-WC dengan penambahan zat aditif Getah Karet (<i>Latex</i>) lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC bahan standar, dan kinerja Durabilitas pada durasi perendaman pada campuran AC-WC dengan penambahan zat aditif Getah Karet (<i>Latex</i>) lebih lama di bandingkan dengan kinerja Durabilitas bahan standar atau tanpa tambahan zat aditif)	Menambahkan karet alam cair (lateks) pada campuran laston AC-WC. Dimana menunjukkan hasil penambahan lateks mengalami peningkatan pada nilai dari stabilitas, flow, <i>Marshall Quotient</i> , dan <i>VFB</i> , sedangkan <i>VTIM</i> dan <i>VTMA</i> yang cenderung rendah.	Menggunkan bahan aditif lateks pada beton aspal, menunjukkan hasil mampu mengisi rongga pada campuran aspal dengan baik yang ditunjukkan pada nilai <i>VMA</i> dan <i>VIM</i> cenderung menurun dan <i>VFA</i> yang naik. Dan pengaruh lateks terhadap density juga sangat baik karena kepadatan yang mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar lateks	Menggunakan <i>Gisolnite</i> sebagai aditif pada campuran aspal porus, juga mampu meningkatkan nilai stabilitas, <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>TSR</i> dan nilai stabilitas dinamis pada pengujian <i>Wheel Tracking</i> .	Menggunakan campuran aspal porus dengan penambahan <i>additive Rediset LQ-1106</i> , menghasilkan kinerja campuran aspal porus yang lebih baik hal ini dilihat dari terjadinya peningkatan nilai stabilitas, <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>TSR</i> dan nilai stabilitas dinamis pada pengujian <i>Wheel Tracking</i> .	Proses sekuensial menghasilkan sifat yang lebih baik bahkan pada <i>optimum bitumen content (OBC)</i> dan waktu pencampuran yang sedikit lebih rendah.	Hasil penelitian tersebut mengatakan bahwa metode dua fase ini meningkatkan <i>Marshall Quotient</i> , kekakuan, kekakuan mulur, umur kelelahan dan mampu mengurangi kerusakan aspal campuran panas yang disebabkan oleh kelembaban.	Meningkatkan nilai kekakuan, pemisah dan retak lebih baik dibanding metode konvensional.	Campuran menggunakan metode dua tahap lebih baik dibandingkan metode pencampuran konvensional hal tersebut dinilai setelah melakukan pengujian <i>Marshall</i> , <i>ITS</i> , <i>IRS</i> , <i>TSR</i> dan <i>Cantabro</i> yang menunjukkan hasil lebih baik.	<i>Penggunaan Latex pada campuran Porous</i> pengujian <i>Marshall</i> , <i>IRS</i> , <i>ITS</i> dan <i>TSR</i> mengalami peningkatan hingga kadar <i>Latex</i> tertentu dan pada pengujian <i>Cantabro Loss</i> dan <i>AFD</i> cenderung menurun seiring peningkatan kadar <i>Latex</i> . Hasil Campuran menggunakan metode pencampuran bertahap lebih baik dibandingkan metode pencampuran konvensional.

Sumber: Trisilvana dkk (2014); Rizki (2018); Putri (2019); Nursandah dan Zaenuri (2019); Wijaya dkk (2016); Ramadhan (2022); Mariska (2021); Yaro dkk (2021); Kok dan Kuloglu (2011); Zang dkk (2020); Hidayat (2021).

Terdapat beberapa kesamaan dan perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu seperti berikut.

1. Pada penelitian yang dilakukan Yaro dkk (2021), Kok dan Kuloglu (2011), Kiselev dkk (2020) dan Hidayat (2021), peneliti melakukan metode pencampuran yang sama yaitu konvensional dan bertahap.
2. Terdapat kesamaan pemakaian Gradasi *Asphalt Porouse* pada penelitian Trisilvana dan Krisna (2014), Kiselev dkk (2020), Ramadhan (2022) dan Mariska (2021) Namun perbedaan dalam penentuan spesifikasi gradasi yang digunakan dimana peneliti menggunakan Gradasi *Asphalt Porouse* 10 mm dan bahan aditif yang digunakan.
3. Kesamaan pemakaian bahan aditif Karet alam pada penelitian Trisilvana dan Krisna (2014), Rizki (2018), Putri (2019), Nursandah dan Zaenuri (2019); Wijaya dkk (2016); terhadap semua referensi penelitian, tetapi berbeda dari sisi jenis campuran aspal yang akan digunakan, ukuran gradasi dan kadar aditif.

Dikarenakan alasan di atas maka, peneliti akan melakukan penelitian terhadap pengaruh bahan aditif Karet alam pada campuran aspal porus dengan membandingkan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap, sehingga penelitian yang akan dilaksanakan ini dapat memberi pengetahuan dan mampu mempertanggung jawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Campuran Aspal Porus

Bahan penyusun lapis perkerasan lentur yaitu bahan ikat dan bahan pokok. Bahan ikat untuk perkerasan berupa tanah liat, aspal/*bitumen*, *portland cement*, atau kapur/*lime*. Sedangkan untuk bahan pokok sendiri berupa pasir, kerikil, batu pecah/agregat dan lain-lain. Bahan campuran yang digunakan merujuk pada spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2018 dan (*Australian Asphalt Pavement Association, 2004*).

3.1.1 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan (Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987).

Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 2003).

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi, kekuatan, bentuk, butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan (*Kerbs and Walker, 1971*).

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), agregat berdasarkan butirannya dibagi 2 macam yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan yaitu agregat yang tertahan saringan atau yang ukuran butirannya lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm). Agregat kasar yang digunakan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bebas dari bahan lainnya. Agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 3.1** di bawah ini sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai	
Berat Jenis		SNI 1969:2008	Min. 2,5%	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %	
	Magnesium sulfat		Maks. 18 %	
Abrasi dengan Mesin <i>Los Angles</i>	Campuran <i>AC</i>	100 putaran	Maks. 6 %	
	Modifikasi dan <i>SMA</i>	500 putaran	Maks. 30 %	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 8 %
		500 putaran		Maks. 40 %
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%	
Butiran Kasar Agregat Kasar	<i>SMA</i>	SNI 7619:2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong (**)	<i>SMA</i>	<i>ASTM D-4791</i>	Maks. 5 %	
	Lainnya		Maks. 10 %	
Material Lolos Saringan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%	

(Sumber: Bina Marga, 2018)

Catatan:

(*) 100/95 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

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

2. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Pasir dapat digunakan dalam campuran aspal sebagai agregat halus dengan bahan yang bersih, bebas dari lempung, atau bebas dari bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat halus dari pecahan mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir didalam campuran dapat dikendalikan dengan baik (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Berikut Syarat agregat halus yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.2** berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material Lolos Saringan No. 200	SNI <i>ASTM C117</i> :2012	Maks. 10%
Berat Jenis	SNI 3423:2008	< 3%
Gumpalan Lempung dan Kumpalan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%

(Sumber: Bina Marga, 2018)

Menurut Sukirman (1992), gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa ayakan dengan menggunakan satu set ayakan dimana ayakan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus diletakkan paling bawah. Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut.

a) Gradasi seragam (*uniform graded*)

Ukuran hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan

menghasilkan lapis perkerasan jalan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

b) Gradasi rapat (*dense graded*)

Campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Campuran agregat yang bergradasi rapat atau baik mempunyai pori sedikit mudah dirapatkan, dan mempunyai stabilitas yang tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada.

c) Gradasi buruk (*poor graded*)

Gradasi buruk/jelek merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kriteria diatas. Agregat yang bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah, yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis diatas.

3. Gradasi

Campuran aspal porus menggunakan gradasi seragam (*open graded*), 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 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)*

3.1.2 Aspal /bitumen

Aspal adalah mineral perekat berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Sifat termoplastis adalah jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal akan menjadi lunak/cair, sehingga dapat membungkus partikel agregat pada pembuatan aspal beton. Jika temperature menurun aspal akan mulai mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Sukirman, 1992). Menurut *Colbert (1984)*, aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (*Kerbs dan Walker, 1971*).

Berdasarkan jenisnya aspal dibedakan menjadi 3, yaitu sebagai berikut.

1. Aspal keras (*asphalt cement*)

Aspal bersifat viskoelastis sehingga bila mendapatkan cukup pemanasan akan melunak dan mencair dan saat temperatur kamar berbentuk padat dan keras. Aspal yang dirancang dengan memilih nilai penetrasi, semakin rendah nilai penetrasi maka semakin keras aspal. Aspal yang biasa digunakan di Indonesia adalah aspal penetrasi 60/70 atau 80/100.

2. Aspal cair (*cut back asphalt*)

Campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dalam temperatur ruang aspal ini berbentuk cair. Digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

3. Aspal emulsi

Campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi untuk memperlambat pemisahan. Aspal akan berubah warna dari coklat menjadi hitam saat proses mengeras (*break up*).

Menurut Totomidharjo (1994), ada dalam pemilihan aspal sebagai bahan ikat pada campuran panas (*hot mix*) harus memenuhi syarat, sebagai berikut.

1. *Stiffness* (kekakuan/kekerasan), aspal yang digunakan harus mempunyai kekerasan yang cukup yang berfungsi sebagai bahan jalan aspal.
2. *Workability* (mudah dikerjakan), sifat mudah dikerjakan saat pelaksanaan penggelaran dan memudahkan dalam pemadatan untuk memperoleh lapis perkerasan yang padat kompak.
3. *Tensile strength and adhesion* (kuat tarik dan adhesi), sifat kuat tarik dan adhesi diperlukan agar lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap kerusakan, jika sebagai berikut.
 - a. *Cracking* (retak), ditahan oleh kuat tarik.
 - b. *Freting* (pengelupasan), ditahan oleh adhesi.
 - c. *Ravelling* (goyah), ditahan oleh kuat tarik dan adhesi.
4. Tahan terhadap cuaca merupakan ketahanan yang diperlukan agar perkerasan tetap memiliki konsistensi tahanan gesek (*skid resistance*).

Aspal yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti dalam **Tabel 3.4** berikut.

Tabel 3. 4 Persyaratan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Nilai Persyaratan
1.	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	SNI – 2456: 2011	60 - 70
2.	Titik Lembek (°C)	SNI – 2434: 2011	≥ 48
3.	Daktilitas 25° C (cm)	SNI – 2432: 2011	≥ 100
4.	Titik Nyala (°C)	SNI – 2433: 2011	≥ 232
5.	Kelarutan Dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	<i>AASHTO T 44-03</i>	≥ 99
6.	Berat Jenis	SNI – 2441: 2011	≥ 1,0

(Sumber: Bina Marga, 2018)

3.2 Bahan Tambah (*Additive*) Karet alam

Karet alam pada dasarnya mempunyai sifat fisik lembut, fleksibel, dan elastis serta mempunyai plastisitas yang baik, daya elastis yang sempurna, daya tahan dan daya lengket yang baik. *US Department of Transportation Federal Highway Administration America* telah melakukan penelitian tentang penggunaan ban bekas sebagai bahan tambah (*additive*) dalam pembuatan aspal sejak tahun 1986.

Karet terdiri dari senyawa kimia yang disebut hidrokarbon. Hidrokarbon dari karet alam tersusun atas rantai-rantai panjang yang mengandung 1000-5000 unit isoprene. Rantai *isoprene* merupakan rantai (C₅H₈), susunan ruang demikian membuat karet mempunyai sifat kenyal (Stevens, 2001). Lateks memiliki fungsi sebagai bahan dasar pembuatan barang yang memerlukan durabilitas dan elastisitas tinggi. Selain itu, lateks juga memiliki kriteria bermutu baik, seperti : tidak kotor/mengandung serpihan kayu, daun dan debu, kadar karet kering berkisar antara 20% - 29%, tidak tercampur dengan air, dan memiliki bau umum karet. Lateks yang

baik memiliki daya lekat seperti lem kayu yang memiliki kekentalan dan warna putih pekat.

Putri D. A (2019) Penambahan Aditif Lateks memberikan banyak keuntungan dalam konstruksi perkerasan jalan, selain sebagai bahan pengganti aditif, dimana Lateks banyak dijumpai di Indonesia. Penggunaan lateks juga memiliki keuntungan menurunkan penetrasi, meningkatkan titik lembek dan meningkatkan titik nyala. Penambahan lateks atau lateks karet alam pada aspal dapat menurunkan kepekaan terhadap temperatur pada aspal seiring dengan penambahan lateks karet alam. Aspal yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti dalam **Tabel 3.5** berikut.

Tabel 3. 5 Persyaratan Aspal Emulsi Modifikasi

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Nilai Persyaratan
1.	Penetrasi 25°C	SNI – 2456: 2011	40 - 90
2.	Titik Lembek (°C)	SNI – 2434: 2011	≥ 57
3.	Daktalitas 25° C (cm)	SNI – 2432: 2011	≥ 125
4.	Titik Nyala (°C)	SNI – 2433: 2011	≥ 200
5.	Kelarutan Dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 97,5
6.	Berat Jenis	SNI – 2441: 2011	≥ 1,0

(Sumber: Bina Marga, 2018)

3.3 Perencanaan Campuran Aspal Porus

Berikut persyaratan perencanaan campuran aspal porus untuk memperoleh hasil kinerja baik, yang mengacu pada (*Australian Asphalt Pavement Association, 2004*) **Tabel 3.6** berikut.

Tabel 3. 6 Spesifikasi Aspal Porus

No	Spesifikasi Perencanaan	Nilai
1	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
2	Kelelehan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 6
3	Kekakuan <i>Marshall</i> (<i>MQ</i> kg/mm)	Maks. 400
4	Kadar Rongga Udara (<i>VIM</i> %)	18 – 25
5	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	Maks. 35
6	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Maks. 0,3
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

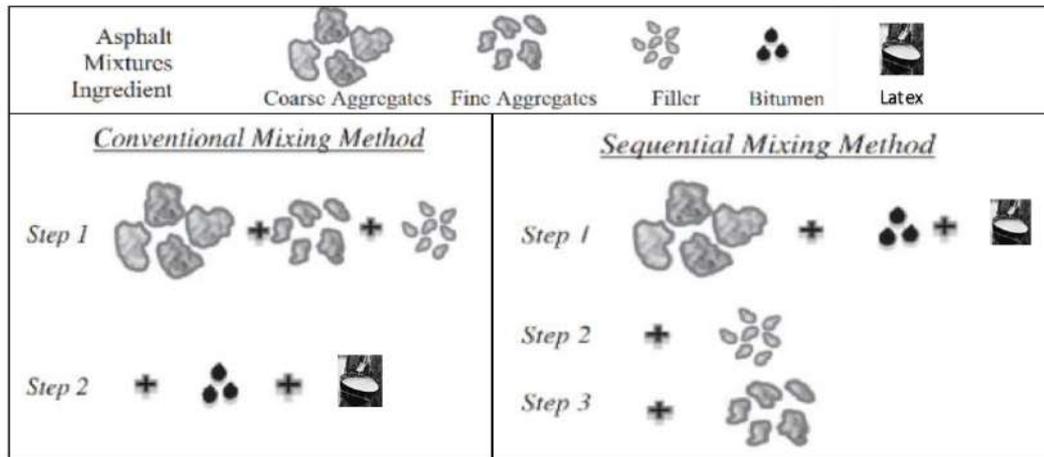
(Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004)

3.4 Metode Pencampuran Bertahap

Metode pencampuran bertahap merupakan cara untuk meningkatkan kinerja campuran beton aspal dengan mengubah proses pencampuran aspal dan agregat, dimana metode tersebut dilakukan dengan mencampurkan agregat kasar dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan terlebih dahulu, dilanjutkan dengan *filler* dan selanjutnya agregat halus. Proses tersebut bertujuan untuk memperkuat sifat adhesi pada campuran dan mampu mengurangi terjadinya pengelupasan campuran yang disebabkan kelembaban. (Kok dan Kologlu, 2011).

Hesami dkk (2015) melakukan studi dengan membandingkan metode konvensional dan metode sekuensial/bertahap, dimana campuran aspal yang dihasilkan dengan menggunakan metode bertahap memiliki distribusi rongga udara merata yang membuat campuran lebih mudah dipadatkan dan juga memiliki ketahanan deformasi permanen. Pembagian material pada penelitian ini mengikuti peraturan *AASHTO No T 27*, dimana *Course Aggregates* adalah agregat yang tertahan saringan No 4, *Fine Aggregates* merupakan agregat yg lolos saringan No 4 hingga No 200. Dan sisanya merupakan *Filler*. Berikut merupakan ilustrasi proses

metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Ilustrasi Proses Metode Pencampuran Konvensional dan Metode Pencampuran Bertahap (sumber : Bjorn Birgisson dkk, 2015)

3.5 Pengujian Karakteristik *Marshall*

Pengujian *Marshall* ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan daya ikat pada campuran aspal. Berikut beberapa parameter pengujian *Marshall*:

3.5.1 Stabilitas (*Stability*)

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

Nilai stabilitas didapatkan dari pembacaan arloji stabilitas pada *Marshall Test*. Nilai stabilitas ini harus dikoreksi untuk memasukkan nilai kalibrasi *proving ring* alat dan koreksi ketebalan benda uji dengan bantuan tabel koreksi benda uji. Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan Persamaan 3.1

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

Keterangan : q = angka stabilitas,
 p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat, dan
 s = angka arloji koreksi benda uji.

3.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang diterima. Nilai *flow* didapatkan dari pembacaan arloji *flow* saat *marshall test* berlangsung dalam satuan mm. Nilai *flow* banyak dipengaruhi oleh: viskositas, kadar aspal, gradasi agregat, permukaan agregat dan pematatan.

3.5.3 Marshall Quotient (*MQ*)

MQ adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Uji ini digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Semakin besar nilai *MQ*, maka campuran akan bersifat kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai *MQ*, maka campuran akan bersifat lentur/plastis. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2

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

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

3.5.4 VITM (*Void in the Total Mix*)

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai *VITM* akan semakin kecil jika kadar aspal semakin besar. Hal ini karena rongga antar agregat akan semakin terisi aspal. *VITM* yang semakin tinggi akan mengakibatkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 dan 3.4

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

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

Keterangan : n = nilai *VITM* (*Void in the Total Mix*),
 g = berat isi sampel (gr/cc), dan
 h = berat jenis maksimum teoritis campuran.

3.5.5 *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA yaitu persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh (optimum). Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 sampai 3.6

1. Persentasi aspal terhadap campuran.

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

Keterangan : a = persentasi aspal terhadap agregat, dan
 b = persentasi aspal terhadap campuran.

2. Persentasi aspal terhadap agregat

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

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

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

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

Keterangan : m = nilai *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*) (%),
 g = berat isi sampel (gr/cc), dan
 b = persentase aspal terhadap campuran.

3.5.6 VMA (Void in Mineral Agregate)

Nilai *VMA* merupakan rongga udara antar butiran agregat dalam campuran aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif dinyatakan dalam persen terhadap campuran. Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan 3.11

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

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

Keterangan : m = nilai *VMA (Void in Mineral Agregate)* (%),
 g = berat isi sampel (gr/cc), dan
 b = persentase aspal terhadap campuran.

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 antara butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kadar aspal. Nilai *Density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.12 dan 3.13.

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

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

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

3.6 Pengujian *Cantabro Test*

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. 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*. Sebelum dimasukkan terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan nilai berat sebelum diabrasi (M_o). Setelah itu benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Kemudian dijalankan dengan kecepatan 30-33 tpm sebanyak 300 putaran. Kemudian setelah itu ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai berat setelah diabrasi (M_i).

Nilai karakteristik *Cantabro Test* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100 \quad (3.14)$$

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

3.7 *Asphalt Flow Down (AFD)*

Metode pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, sehingga 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 pada Persamaan pada 3.15 yang mengacu pada AASHTO T 305 sebagai berikut.

$$AFD = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \right) \times 100 \% \quad (3.15)$$

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

m_1 = berat cetakan naman (gr),

m_2 = berat cetakan beserta campuran aspal sebelum dioven (gr), dan

m3 = berat cetakan beserta campuran aspal sesudah dioven (gr).

3.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004), penentuan KAO pada metode ini mensyaratkan tiga parameter yaitu, *Cantabro Loss* (ketahanan pelepasan butir), *Asphalt Flow Down* (aliran aspal ke bawah), *VIM* (kadar rongga). Nilai spesifikasi penentuan KAO metode *AAPA* disajikan pada **Tabel 3.7** berikut.

Tabel 3. 7 Spesifikasi Penentuan KAO

No	Spesifikasi	Syarat
1	Kadar Rongga Udara (<i>VIM</i> %)	18-25
2	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	< 35
3	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	< 0,3

(Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004)

3.9 Pengujian Durabilitas Campuran Aspal

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian durabilitas pada campuran aspal dengan bahan tambah karet alam (*Latex*) adalah *Immersion Test (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)* dan *Tensil Strength Ratio (TSR)*.

3.9.1 Pengujian *Immersion Test (IRS)*

Imerrision test adalah pengujian campuran aspal yang bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat dari perubahan air, suhu, dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian *imerrision test* sama dengan pengujian *marshall test*, yang membedakan waktu perendaman saja. Menurut *AASHTO 165-74* atau *ASTM D.1075-54* (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*immersion test*) yaitu uji perendaman selama 4×24 jam dengan suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dan

uji perendaman selama 1×24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ \text{C}$. 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 0,5 jam dan 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_1). Seperti tercantum pada Persamaan 3.16.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.16)$$

Keterangan : S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam, dan
 S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 90% memenuhi spesifikasi Bina Marga. Campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

1. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.17 berikut.

$$\text{IDP (r)} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{S_i - (S_{i+1})}{(t_{i+1}) - 1} \times 100 \quad (3.17)$$

Keterangan:

r = indeks penurunan stabilitas (%),
 S_i = persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%),
 S_{i+1} = persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%), dan
 T_i, t_{i+1} = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian).

Nilai 'r' yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai "r" yang bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

2. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK didapatkan dengan perhitungan yang menggunakan Persamaan sebagai 3.18 berikut.

$$\text{IDK (a)} = \frac{1}{2tn} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - (S_i + 1)) [2tn - (t_i + (t_i + 1))] \quad (3.18)$$

Keterangan:

- a = kehilangan kekuatan rerata satu hari (%),
- tn = total waktu perendaman (jam),
- S_i = persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%),
- S_{i+1} = persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%), dan
- T_i, t_{i+1} = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian).

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari, nilai “a” yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai “a” yang bernilai negatif menggambarkan adanya penambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai a < 100 yang memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (S_a), dihitung berdasarkan Persamaan 3.19 berikut.

$$S_a = (100 - a) \quad (3.19)$$

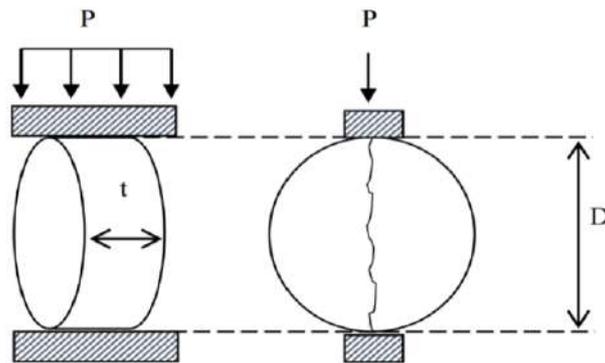
Keterangan:

- S_a = kekuatan sisa rata-rata satu hari (%).

3.9.2 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* dan *Tensile Strength Ratio (TSR)*

Metode pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal. kemampuan material dalam menerima gaya tarik, dalam hal ini menggunakan alat *Indirect Tensile Strength*. Untuk mengetahui apakah material mempunyai kemampuan gaya tekan besar dan mempunyai kemampuan memikul gaya tarik besar juga, maka terlebih dahulu harus mengetahui korelasi antara nilai *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength*. Pengujian ini hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan adalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Mengacu pada SNI 6753: 2015, melakukan perendaman benda uji selama \pm 0,5 jam agar menjadi jenuh dan 24 jam dengan suhu \pm 60°C. Hasil Perbandingan rendaman selama 0,5 jam (*ITS* standar) dengan 24 jam (*ITS* rendaman) yang dinyatakan dalam persen (%), disebut *Tensile Strength Ratio* (*TSR*).



Gambar 3.2 Pengujian Tarik Tidak Langsung (ITS)

(Tajudin & Suparma, 2017)

Dari pembebanan maksimum yang menyebabkan benda uji mengalami *failure*, maka didapatkan nilai *ITS* dengan menggunakan Persamaan 3.20 berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P \text{ maks}}{\pi \times t \times d} \quad (3.20)$$

Keterangan: *ITS* = kuat tarik tidak langsung (kg/cm²),
P maks. = beban puncak (kg),
t = tinggi sampel (cm), dan
d = diameter benda uji (cm).

Nilai *ITS* pada tiap perendaman kemudian digunakan untuk mengetahui nilai indeks kuat tarik tidak langsung atau *Tensile Strength Ratio* (*TSR*) yang dihasilkan dari tiap perendaman. *Asphalt Institute* mensyaratkan nilai *TSR* harus lebih besar dari 80%. Nilai *TSR* diperoleh dari Persamaan 3.21 berikut.

$$TSR = \frac{ITS_o}{ITS_n} \times 100 \% \quad (3.21)$$

Keterangan: *TSR* = *tensile Strength Ratio* (kg/cm²),
ITS_o = kekuatan tarik tidak langsung awal (kg/cm²), dan

ITS_n = kekuatan tarik tidak langsung rendaman (kg/cm^2).

3.10 Pengujian *Wheel Tracking Test*

Metode pengujian *Wheel Tracking* dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian terhadap deformasi permanen yang dapat mensimulasikan kondisi di lapangan yang terjadi pada perkerasan aspal akibat dari lintasan kendaraan, di laboratorium disimulasikan dengan beban roda yang bergerak maju mundur melintas di atas benda uji. Uji *Wheel Tracking* bertujuan untuk mengetahui gambaran ketahanan campuran terhadap pemadatan dan perubahan bentuk deformasi serta mensimulasikan pembebanan yang akan diterima perkerasan di lapangan. Pengujian dilakukan pada temperatur 45°C atau 60°C . Pengujian *Wheel Tracking* mengacu pada (*Japan Road Association, 1980*) *Manual for Design and Contruction of Asphalt Pavement*.

Alat uji ini mempunyai sebuah roda besi dan dilapisi karet keras yang bergerak maju mundur di atas permukaan benda uji campuran aspal yang berukuran $30 \times 30 \times 5$ cm. Masing-masing benda uji akan dilintasi oleh beban roda berjalan dengan kecepatan 21 siklus per menit (42 lintasan per menit) dan pengujian dilaksanakan selama 60 menit (1 jam) dengan jumlah total lintasan adalah 2.520. Roda *Wheel Tracking* memiliki ban karet dengan lebar 5 cm dan tekanan roda sebesar $6,55 \text{ kg/cm}^2$ yang diekivalenkan dengan beban sumbu tunggal roda ganda setara 8,16 ton. Alat ini dilengkapi dengan computer yang dapat memberikan laporan berkaitan antara jumlah lintasan dan jejak roda pada menit ke 1, 5, 10, 15, 30, 45 dan 60 menit. Kemampuan lapis perkerasan aspal menahan jejak roda dinyatakan dengan stabilitas dinamis (DS) yang menyatakan jumlah lintasan yang diperlukan untuk membuat jejak roda selama 1 jam. Stabilitas dinamis dan laju deformasi (RD), dapat dihitung dengan Persamaan 3.22 dan Persamaan 3.23 berikut.

Dynamic Stability/Stabilitas Dinamis (DS)

$$DS = 21 \times 2 \times \frac{(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \quad (3.22)$$

Rate of Deformation/Laju Deformasi (RD)

$$RD = \frac{(t_2 - t_1)}{(d_2 - d_1)} \quad (3.23)$$

Keterangan:

DS = *dynamic Stability* (lintasan/mm),

RD = *rate of Deformation* (mm/menit),

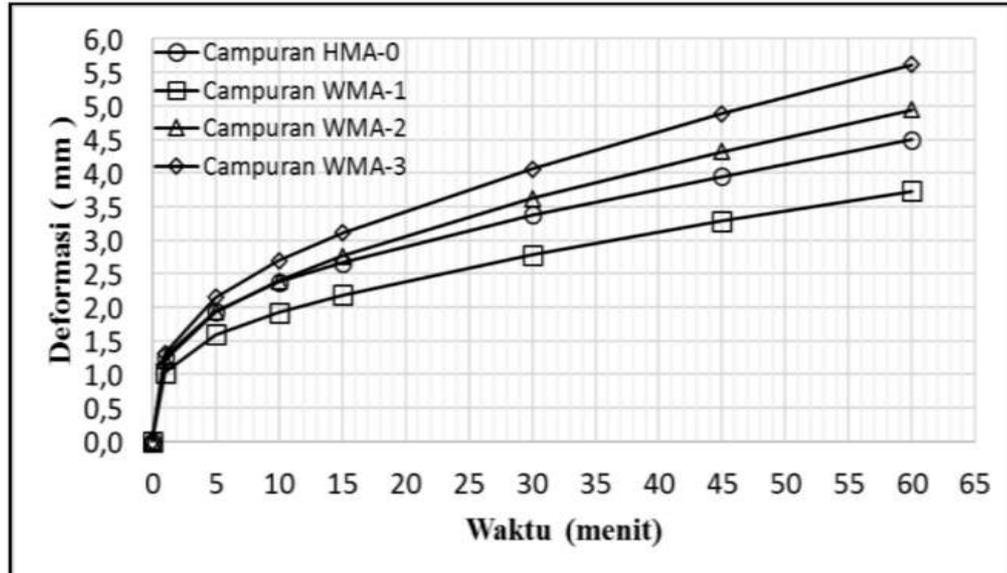
d_1 = nilai deformasi (kedalamanya) pada menit ke t_1 45 menit (mm),

d_2 = nilai deformasi (kedalamanya) pada menit ke t_2 60 menit (mm),

t_1 = waktu pengujian 45 menit, dan

t_2 = waktu pengujian 60 menit.

Kurva deformasi berbentuk lengkung dan berubah lurus, total deformasi diperoleh dengan menarik garis singgung pada titik perubahan sampai memotong sumbu nilai deformasi, titik perpotongan tersebut total deformasi permanen (d_0) adalah deformasi yang terjadi setelah pembebanan sebanyak 2.520 lintasan selama 1 jam. Hasil pengujian didasarkan pada hubungan antara nilai deformasi dengan waktu seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 3.3** berikut.



Gambar 3.3 Hubungan Waktu dan Deformasi

Sumber: (Widyantara, 2018)

3.11 Analisis Statistik

Statistik merupakan cabang dari ilmu matematika yang mempelajari pengumpulan, pengorganisasian, pengolahan, penyajian dan analisis data serta menyimpulkan hasil. Sehingga diperoleh keputusan yang dapat diterima.

Pada penelitian ini, penelitian menggunakan analisis statistik *Anova* satu arah (*One Way Anova*) dan analisis statistik *Anova* dua arah (*Two Way Anova*). Analisis ini digunakan untuk membandingkan perbedaan rata-rata dari dua atau lebih kelompok data untuk suatu kategori berbeda. Data yang akan dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Berikut asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis *Anova* adalah sebagai berikut.

1. Kenormalan

Distribusi data harus normal, agar data terdistribusi normal dapat ditempuh dengan cara memperbanyak jumlah sampel dalam kelompok.

2. Kesamaan variasi

Bila banyaknya sampel sama pada tiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan, tetapi jika banyaknya sampel pada tiap kelompok berbeda maka kesamaan variasi populasi sangat diperlukan.

Pada analisis statistik *Anova* satu arah diperlukan adanya rumusan hipotesis. Hipotesis tersebut terdiri atas sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_k \tag{3.24}$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \dots \dots \neq \mu_k \tag{3.25}$$

ada perbedaan antara sebelum dan setelah adanya perlakuan.

Penarikan kesimpulan dengan statistik *Anova* satu arah dapat dilakukan dengan cara berikut.

1. Membandingkan antara nilai t-hitung dengan nilai t-tabel

Besarnya nilai α yang sering digunakan dalam penelitian adalah 5% atau 0,05.

Bandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel yang telah diperoleh.

Jika nilai F-hitung > F-tabel ; maka H_0 ditolak.

Jika nilai F-hitung < F-tabel ; maka H_0 diterima.

2. Menggunakan nilai signifikan atau *P-Value*

Jika nilai signifikan atau *P-Value* $> 0,05$; maka H_0 diterima.

Jika nilai signifikan atau *P-Value* $< 0,05$; maka H_0 ditolak.

3. Keputusan.

4. Pasca *Anova* (jika ada).

5. Kesimpulan.

Analisis setelah *Anova* atau pasca *Anova* (*post hoc*) dilakukan apabila hipotesis nol (H_0) ditolak. Fungsi analisis setelah *anova* adalah untuk mencari kelompok mana yang berbeda. Hal ini ditunjukkan oleh F hitung yang menunjukkan adanya perbedaan. Apabila F hitung menunjukkan tidak ada perbedaan, tentu analisis setelah *Anova* tidak perlu dilakukan. Pada penelitian ini analisis yang digunakan pasca *Anova* adalah *Tukey*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara mengambil, menganalisis data yang dilakukan untuk memecahkan suatu masalah dari topik masalah yang diambil sebelumnya. Menurut Sugiyono (2010), penelitian atau eksperimen merupakan metode dengan cara membuat beberapa sampel benda uji dengan jumlah dan variasi tertentu, dimana melakukan beberapa kali percobaan pengujian pada sampel untuk menghasilkan data yang kemudian akan diolah dan memperoleh hasil perbandingan dengan standar dan syarat-syarat yang sudah ada dalam peraturan-peraturan Standar Nasional Indonesia, Bina Marga dan lainnya.

Lokasi penelitian di laksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, dan untuk pengujian *Wheel Tracking Machine (WTM)* dilaksanakan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan Kementerian PUPR Bandung.

4.2 Bahan dan Alat Penelitian

4.2.1 Bahan Penelitian

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang diperoleh dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap. Untuk bahan penambah menggunakan zat aditif karet alam (*Latex*).

4.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain berupa.

1. Alat yang digunakan untuk pengujian fisik agregat, diantaranya berupa alat uji abrasi agregat, satu set saringan, alat uji penyerapan aspal, oven, timbangan dan satu set alat uji *sand equivalent*.
2. Alat yang digunakan untuk pengujian fisik aspal.
 - a. Alat ukur penetrasi aspal.
 - b. Alat uji berat jenis aspal.
 - c. Alat uji daktilitas aspal.
 - d. Alat uji titik lembek aspal.
 - e. Alat uji titik nyala dan titik bakar aspal.
 - f. Alat uji kelarutan aspal dalam *TCE*
 - g. Alat uji berat jenis aspal
3. Alat yang digunakan untuk pengujian *Marshall* dan *Immersion Test*.
 - a. Alat penekan yang berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg.
 - c. Arloji pengukuran stabilitas.
 - d. Arloji pengukuran kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm
 - e. Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
 - f. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm yang dilengkapi dengan plat atas dan leher sambung.
 - g. *Compactor*: Alat Penumbuk berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg.
 - h. Bak perendaman (*water bath*) dengan suhu minimum 20°C.
 - i. Spatula
4. Komponen alat untuk pengujian *Indirect Tensile Strength Test* dan *Tensile Strength Ratio*.
 - a. Alat ukur tekan (*strip loading*) dengan lebar 0,5 inch.
 - b. Arloji pengukuran stabilitas.
 - c. arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm dengan perlengkapannya.
 - d. Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
 - e. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm yang dilengkapi dengan plat atas dan leher sambung.

- f. *Compactor*: Alat Penumbuk berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg.
 - g. Bak perendaman (*water bath*) dengan suhu minimum 20°C.
 - h. Spatula
5. Komponen alat untuk pengujian Cantabro Loss.
 - a. Seperangkat alat uji *Los Angeles*
 - b. Kuas dan timbangan
 6. Komponen alat untuk pengujian *Asphalt Flow Down*.
 - a. Tempat yang sudah dilapisi *aluminium foil* ukuran 20 x 40 cm
 - b. Oven dan timbangan
 7. Komponen alat untuk pengujian *Wheel Tracking*.
 - a. *Wheel tracking Machine*.
 - b. Alat pencampur dilengkapi dengan alat pemanas.
 - c. Alat pemadat.
 - d. Cetakan berbentuk persegi ukuran 30 x 30 x 5 cm.
 - e. Termometer
 - f. Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
 - g. Ruang tertutup dengan alat yang dilengkapi pengatur suhu.

4.3 Langkah-Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang mengarah pada (Standar Nasional Indonesia, 2003), spesifikasi (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018), (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004), (*AASHTO T 305-14*), (*American Society for Testing And Materials* , 2015), (*Japan Road Association*, 1980).

4.3.1 Pengujian Bahan

Material yang akan digunakan pada penelitian adalah, campuran aspal pen 60/70, bahan aditif karet alam. Pengujian bahan bertujuan untuk mengetahui kelayakan material yang akan digunakan sesuai persyaratan spesifikasi yang telah ditetapkan diantaranya sebagai berikut.

1. Pengujian karakteristik agregat.
 - a. Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat yang didapat dari hasil pemecahan mesin pemecah batu. Mengikuti persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 pada **Tabel 3.1**.
 - b. Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat yang didapat dari hasil pemecahan mesin pemecah batu. Mengikuti persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 pada **Tabel 3.2**
2. Pengujian Aspal berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 pada **Tabel 3.4**
 - a. Pengujian penetrasi aspal (SNI 2456-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada aspal, termasuk aspal keras atau aspal lembek.
 - b. Pengujian berat jenis aspal (SNI 2441-2011)

Berat jenis aspal yaitu perbandingan antara volume aspal dan volume air.
 - c. Pengujian titik lembek (SNI 2434-2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal dimana aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair. Kepekaan aspal terhadap suhu terjadi dikarenakan aspal merupakan bahan/material yang bersifat termoplastis.
 - d. Pengujian daktilitas (SNI 2432-2011)

Untuk mengetahui ketahanan aspal terhadap retak dalam penggunaannya sebagai lapisan perkerasan. Pengujian ini dilakukan menggunakan cara berupa suatu benda uji aspal keras dengan kecepatan tarik dan suhu tertentu.
 - e. Pengujian kelarutan dalam *Trichloroethylene* (AASHTO T44-03)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam *Trichloroethylene*.
 - f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433-2011)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

4.3.2 Perencanaan Campuran Penelitian

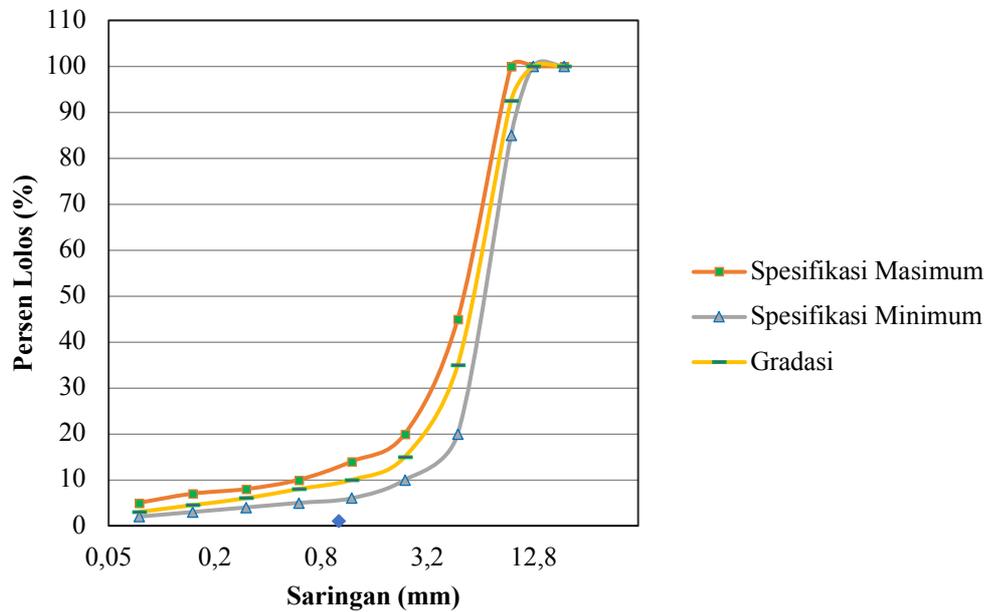
1. Perencanaan Gradasi Agregat

Tahap pertama pada perencanaan benda uji yaitu menentukan ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam target gradasi. Bahan campuran aspal porus yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal dan *karet alam* sebagai aditif diuji terlebih dahulu. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik material apakah telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Setelah itu dilakukan penyaringan agregat dengan menggunakan saringan yang telah ditentukan. Penyaringan dilakukan untuk merencanakan jenis agregat yang akan dipakai pada campuran. Oleh karena itu dibuat rencana gradasi agregat. Berikut rencana gradasi agregat dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut :

Tabel 4. 1 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)	
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0
3/8 "	9,53	85	100	92,5	7,5
No. 4	4,75	20	45	35	65
No. 8	2,38	10	20	15	85
No. 16	1,19	6	14	10	90
No. 30	0,595	5	10	8	92
No. 50	0,3	4	8	6	94
No. 100	0,149	3	7	4,5	95,5
No. 200	0,074	2	5	3	97
Pan					100

Berikut merupakan grafik rencana gradasi yang akan digunakan, dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Rencana Gradasi Campuran Aspal Porus 10 mm.

Setelah perencanaan gradasi agregat, selanjutnya mencari perkiraan kadar aspal optimum (*KAO*). Perkiraan kadar aspal optimum rencana dapat dicari menggunakan persamaan 4.1 berikut.

$$P_b = 0,036 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (4.1)$$

Keterangan :

P_b = Kadar aspal perkiraan

CA = Agregat kasar tertahan saringan no. 4

FA = Agregat halus lolos saringan no. 4 dan tertahan no. 200

FF = Agregat halus lolos saringan no. 200

K = Konstan 0,5-1

Dari hasil persamaan 4.1 didapatkan nilai kadar aspal perkiraan sebagai berikut:

$$P_b = 0,036 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K$$

$$P_b = 0,036 \times (65\%) + 0,045 \times (32\%) + 0,18 (3\%) + 1$$

$$P_b = 5,26 \% \text{ dibulatkan } 6\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan (P_b), didapatkan nilai P_b adalah 6%. Syarat kadar aspal pada spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association*

(2004) untuk campuran aspal porus adalah 5% - 6,5%. Pada pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% terhadap berat total campuran. Berat total campuran untuk setiap benda uji adalah 1200 gram dengan menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal *Latex*.

2. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal porus di dalam penelitian ini mengacu pada metode (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004). Penentuan KAO pada metode ini mensyaratkan tiga parameter yaitu *VIM*, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down* seperti pada **Tabel 3.6**.

Tahap – tahap untuk menentukan KAO adalah sebagai berikut.

1. *Void In Mix (VIM)* kadar rongga minimum pada campuran yaitu 18% yang dipakai sebagai batas atas untuk memperoleh kadar aspal maksimum (*OAC Max*).
2. Nilai dari *cantabro loss* maksimum yaitu sebesar 35% yang dipakai sebagai batas atas untuk memperoleh kadar aspal minimum (*OAC min*).
3. Membuat kadar aspal sementara yang didapat dari rata-rata nilai *OAC* maksimum dan *OAC* minimum.
4. Merencanakan kadar aspal sementara pada grafik *Asphalt Flow Down*.
5. Jika nilai hasil rencana melebihi nilai dari standar *asphalt flow down* sebesar 0,3%, maka perencanaan *OAC max* dan *OAC min* harus diulang.
6. Kadar aspal optimum didapat dengan cara menjumlahkan kadar aspal sementara dengan nilai *asphalt flow down*.

Menurut (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004), kadar aspal optimum untuk agregat dengan ukuran maksimum 10 mm adalah antara 5% - 6,5%. Oleh karena itu, dilakukan pengujian kadar air optimum (KAO) dengan menggunakan kadar aspal sebesar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7% terhadap berat total campuran yang digunakan. Penentuan kebutuhan agregat disetiap kadar aspal pada **Tabel 4.2** sampai **Tabel 4.6** berikut.

Tabel 4. 2 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)		Berat (gr)
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0	0
3/8 "	9,53	85	100	95	7,5	85,50
No. 4	4,75	20	45	40	57,5	655,50
No. 8	2,38	10	20	17	20	228,00
No. 16	1,19	6	14	10,5	5	57,00
No. 30	0,595	5	10	8	2	22,80
No. 50	0,3	4	8	6	2	22,80
No. 100	0,149	3	7	4,5	1,5	17,10
No. 200	0,074	2	5	3	1,5	17,10
Pan					3	34,10
					100	1140

Tabel 4. 3 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)		Berat (gr)
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0	0
3/8 "	9,53	85	100	95	7,5	85,05
No. 4	4,75	20	45	40	57,5	652,05
No. 8	2,38	10	20	17	20	226,80
No. 16	1,19	6	14	10,5	5	56,70
No. 30	0,595	5	10	8	2	22,68
No. 50	0,3	4	8	6	2	22,68
No. 100	0,149	3	7	4,5	1,5	17,01
No. 200	0,074	2	5	3	1,5	17,01
Pan					3	34,02
					100	1134

Tabel 4. 4 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)		Berat (gr)
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0	0
3/8 "	9,53	85	100	95	7,5	84,60
No. 4	4,75	20	45	40	57,5	648,60
No. 8	2,38	10	20	17	20	225,60
No. 16	1,19	6	14	10,5	5	56,40
No. 30	0,595	5	10	8	2	22,56
No. 50	0,3	4	8	6	2	22,56
No. 100	0,149	3	7	4,5	1,5	16,92
No. 200	0,074	2	5	3	1,5	16,92
Pan					3	33,84
					100	1128

Tabel 4. 5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)		Berat (gr)
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0	0
3/8 "	9,53	85	100	95	7,5	84,15
No. 4	4,75	20	45	40	57,5	645,15
No. 8	2,38	10	20	17	20	224,40
No. 16	1,19	6	14	10,5	5	56,10
No. 30	0,595	5	10	8	2	22,44
No. 50	0,3	4	8	6	2	22,44
No. 100	0,149	3	7	4,5	1,5	16,83
No. 200	0,074	2	5	3	1,5	16,83
Pan					3	33,66
					100	1122

Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 7%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Prosentase (%)		Berat (gr)
(in)	(mm)	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0	0
1/2 "	12,7	100	100	100	0	0
3/8 "	9,53	85	100	95	7,5	83,70
No. 4	4,75	20	45	40	57,5	641,70
No. 8	2,38	10	20	17	20	223,20
No. 16	1,19	6	14	10,5	5	55,80
No. 30	0,595	5	10	8	2	22,32
No. 50	0,3	4	8	6	2	22,32
No. 100	0,149	3	7	4,5	1,5	16,74
No. 200	0,074	2	5	3	1,5	16,74
Pan					3	33,48
					100	1116

3. Pencampuran Aspal dengan Additive Karet Alam

Pada penelitian ini dibuat dengan 4 jenis campuran menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan bahan penambah karet alam (*Latex*). Jenis campuran ditunjukkan pada **Tabel 4.7** berikut.

Tabel 4. 7 Jenis Campuran Aspal Porus dengan bahan Karet Alam *additive*

No	Variasi Campuran	Komposisi Campuran
1	Aspal Porus – K0	Campuran aspal porus tanpa bahan Karet Alam <i>additive</i> 0 %
2	Aspal Porus – K2	Campuran aspal porus dengan bahan Karet Alam <i>additive</i> 2,5 %
3	Aspal Porus – K5	Campuran aspal porus dengan bahan Karet Alam <i>additive</i> 5 %
4	Aspal Porus – K7	Campuran aspal porus dengan bahan Karet Alam <i>additive</i> 7,5 %

4. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji dibuat pada masing-masing pengujiannya disesuaikan pada kebutuhan penelitian, seperti pada **Tabel 4.8** hingga **Tabel 4.11** berikut.

Tabel 4. 8 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Kadar Karet Alam (%)	Jumlah Benda Uji		
	<i>Marshall</i>	<i>Asphalt Flow Down</i>	<i>Cantabro Test</i>
5	3	3	3
5,5	3	3	3
6	3	3	3
6,6	3	3	3
7	3	3	3
Jumlah	15	15	15
Total Jumlah	45 buah		

Tabel 4. 9 Jumlah Benda Uji Metode Konvensional untuk Pengujian *Immersion Test (IRS), ITS , TSR, dan Wheel Tracking Test*

Kadar Karet Alam (%)	Metode Konvensional				
	<i>Immersion Test/IRS</i>		<i>ITS dan TSR</i>		<i>Wheel Tracking Test</i>
	0,5 jam	24 jam	0,5 jam	24 jam	
0	3	3	3	3	2
2,5	3	3	3	3	2
5	3	3	3	3	2
7,5	3	3	3	3	2
Jumlah	12	12	12	12	8
Total Jumlah	56 buah				

Tabel 4. 10 Jumlah Benda Uji Metode Bertahap Uji untuk Pengujian *Immersion Test (IRS)*, *ITS*, *TSR*, dan *Wheel Tracking Test*

Kadar Karet Alam (%)	Metode Bertahap				
	<i>Immersion Test/IRS</i>		<i>ITS dan TSR</i>		<i>Wheel Tracking Test</i>
	0,5 jam	24 jam	0,5 jam	24 jam	
0	3	3	3	3	2
2,5	3	3	3	3	2
5	3	3	3	3	2
7,5	3	3	3	3	2
Jumlah	12	12	12	12	8
Total Jumlah	56 buah				

Tabel 4. 11 Jumlah Benda Uji Pengujian *AFD* dan *Cantabro Test*

Kadar Karet Alam (%)	Metode Konvensional		Metode Bertahap	
	<i>Asphalt Flow Down</i>	<i>Cantabro Test</i>	<i>Asphalt Flow Down</i>	<i>Cantabro Test</i>
0	3	3	3	3
2,5	3	3	3	3
5	3	3	3	3
7,5	3	3	3	3
Jumlah	12	12	12	12
Total Jumlah	48 Buah			

Jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak $45 + 56 + 56 + 48 = 205$ buah benda uji.

5. Pembuatan Benda Uji

a. Pembuatan Benda Uji *Marshall* Metode Konvensional.

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Transportasi Universitas Islam Indonesia, bahan-bahan penelitian untuk pembuatan benda uji harus dipersiapkan sebelum digunakan. Semua itu dilakukan untuk memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan, berikut langkah-langkah dalam pembuatan benda uji.

1. Mempersiapkan agregat yang sudah dicampur untuk setiap benda uji.
2. Mempersiapkan peralatan seperti alat penumbuk, cetakan, dan lain-lain. Peralatan ini harus dipanaskan terlebih dahulu.
3. Melakukan penimbangan berat agregat yang akan digunakan sesuai dengan perencanaan campuran dengan berat total agregat benda uji sebesar 1200 gram.
4. Agregat yang disiapkan dipanaskan pada suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$
5. Aspal dan aditif Karet Alam (*Latex*) yang dicampur dan dipanaskan sebelumnya pada suhu $\pm 177^{\circ}\text{C}$.
6. Kemudian dilakukan pencampuran pengadukan pada agregat dan aspal modifikasi secara merata lalu masukan kedalam cetakan pada suhu 155°C .
7. Benda uji dipadatkan menggunakan alat penumbuk sebanyak 50 tumbukan pada tiap bidangnya.
8. Setelah benda uji di dinginkan, lalu dikeluarkan benda uji dari cetakan menggunakan *ejector*.
9. Benda uji disimpan pada suhu ruang selama 24 jam, setelah itu benda uji bisa dilakukan pengujian.

b. Pembuatan Benda Uji *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR* Metode Bertahap.

Berikut langkah-langkah dalam pembuatan benda uji Metode Bertahap/ Dua Fase :

1. Memanaskan agregat kasar yang sebelumnya telah dipisahkan dengan agregat halus dan *filler* dengan wajan yang berbeda hingga masing-masing agregat kasar, agregat halus dan *filler* mencapai suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$.
2. Aspal dan aditif Karet Alam (*Latex*) yang dicampur dan dipanaskan sebelumnya pada suhu $\pm 177^{\circ}\text{C}$.
3. Mencampurkan agregat kasar terlebih dahulu dengan aspal sesuai dengan nilai kadar aspal optimum (KAO), kemudian aduk secara merata hingga aspal menutupi seluruh permukaan agregat kasar.
4. Tambahkan *filler* aduk merata dan lanjut agregat halus yang sebelumnya telah dipanaskan pada wajan yang berbeda. Kemudian mengaduk campuran secara merata.
5. Membersihkan cetakan benda uji *mold* dan mengolesi bagian dalamnya dengan minyak pelumas.

6. Meletakkan selembur kertas / kertas penghisap yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan dibagian bawah cetakan, kemudian memasukkan benda uji 1/3 dari volume cetakan dan dipukul menggunakan spatula sebanyak 25x (15x pukulan di pinggir, dan 10x pukulan di tengah), kemudian memasukkan benda uji hingga 2/3 dari volume cetakan dan dipukul menggunakan spatula sebanyak 25x, dengan cara tersebut memasukkan benda uji kembali hingga penuh dalam volume cetakan dan dipukul menggunakan spatula sebanyak 25x dan menaruh kertas penghisap di permukaan.
7. Meletakkan cetakan *mold* diatas dudukannya (landasan) pemadatan. Memadatkan sebanyak 50x pukulan di sisi pertama dan menumbuk 50x pukulan di sisi kedua.
8. Mendinginkan benda uji sesudah pemadatan selesai sampai mencapai suhu ruang, ambil kertas penghisap di kedua sisi untuk memberikan kodefikasi terhadap sampel.
9. kemudian mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan *ejector hydrolic pump* lalu mendinginkan sampel selama 24 jam sampai mencapai suhu ruang, setelahnya sampel dapat diuji.

c. Pembuatan Benda Uji *Wheel Tracking Test*

Pembuatan benda uji ini rencananya dilakukan di Laboratorium Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan Kementerian PUPR Bandung. Sebelumnya persiapkan campuran aspal porus untuk membuat benda uji. Melakukan persiapan campuran aspal porus dengan cara menghitung jumlah bahan yang dibutuhkan untuk agregat dan jumlah aspal pada Kadar Aspal optimum (KAO). Bahan yang dibutuhkan disesuaikan dengan volume benda uji dengan ukuran cetakan 30 x 30 x 5 cm. Pada pembuatan benda uji *Wheel Tracking Test* mengacu pada (*Japan Road Association*, 1980), berikut langkah-langkah dalam pembuatan benda uji.

1. Mempersiapkan agregat yang sudah dicampur untuk setiap benda uji.
2. Melakukan penimbangan berat agregat yang akan digunakan sesuai dengan perencanaan jumlah bahan yang diperlukan. Jumlah bahan harus sesuai dengan cetakan yaitu sebesar 30 x 30 x 5 cm³ kemudian dikalikan dengan nilai *density* masing-masing campuran, volume pada benda uji ditambahkan dengan faktor koreksi sebesar 1,02.

3. Agregat yang telah ditimbang lalu di oven sesuai dengan temperatur masing-masing campuran, dilakukan minimal selama 4 jam dan campuran aspal dipanaskan sesuai temperatur masing-masing campuran.
4. Campuran aspal lalu dipanaskan sesuai dengan temperatur masing-masing campuran, lalu agregat dan aspal dicampur dengan pemanas selama 3 menit, agar suhu pada pencampuran bisa dipertahankan.
5. Campuran aspal tersebut dimasukkan kedalam cetakan, lalu letakan kertas saring pada cetakan.
6. Lalu ditusuk-tusuk pada bagian benda uji dengan menggunakan spatula dan diratakan.
7. Selanjutnya campuran dipadatkan pada suhu pemadatan campuran sesuai dengan variasi campuran dengan alat pemadat *Wheel Tracking Compactor*. Proses pemadatan pada benda uji ini dilakukan sebanyak 37 kali lintasan yang terdiri dari 4 kali lintasan untuk proses meratakan dan 33 kali lintasan untuk proses pemadatan dengan beban 100 kg, dan tekanan 3,33 kg/cm². Toleransi kepadatan yang masih diterima yaitu sebesar 2% atau $5 \pm 0,2$ cm, setelah itu sampel siap dilakukan pengujian.

6. Pengujian Campuran Aspal Porus

a. Pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion Test*

Proses pengujian *Marshall Standard* dan *Immersion Test* sebenarnya hampir sama, yang membedakan hanyalah pada waktu perendaman yang dilakukan dalam bak perendam/*waterbath* untuk pengujian *Immersion Test*. Pengujian ini mengacu pada RSNI M-01-2003, berikut langkah-langkah yang dilakukan.

1. Benda uji dibersihkan kotoran yang menempel.
2. Tiap benda uji diberi tanda.
3. Tinggi benda uji diukur, dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm, dan ukur diameter benda uji di rata-ratakan dari 3 kali pengukuran.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Merendam benda uji ke dalam air selama 24 jam pada temperatur ruang agar benda uji menjadi jenuh air.

6. Menimbang benda uji didalam air.
7. Benda uji diangkat dari dalam air. Lalu lap permukaan benda uji, kemudian menimbanginya pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam ke dalam *water bath* selama 0,5 jam dengan suhu 60°C.
9. Membersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan pada kepala penekan (*test head*). Setelah itu lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang di atas bisa meluncur bebas.
10. Benda uji dikeluarkan dari *water bath* dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
11. Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkannya pada mesin penguji.
12. Memasang arloji pengukur kelelahan (*flow*). Lalu atur keduanya
13. Kepala penekan dinaikkan dengan benda uji sehingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum diberikan pembebanan. Atur posisi jarum arloji pada angka nol.
14. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sampai pembebanan menurun sesuai yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat beban maksimum
15. Lakukan analisis hasil pengujian.

b. Pengujian *Cantabro*

Pada pengujian ini mengacu pada *ASTM C-131*, langkah-langkah pengujian *Cantbro Loss* adalah sebagai berikut.

1. Bahan-bahan dipersiapkan.
2. Dibuat benda uji dengan nilai KAO yang diperoleh dari *Marshall Test*.
3. Benda uji ditimbang sebelum dilakukan pengujian.
4. Benda uji dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles*.
5. Mesin *Los Angeles* dijalankan dengan putaran sebanyak 300 putaran.
6. Berat benda uji ditimbang setelah dilakukan pengujian.
7. Lakukan analisis hasil pengujian.

c. Pengujian *Asphalt Flow Down*

Pada pengujian ini mengacu pada *AASHTO T 305*. Berikut langkah-langkah pengujian *Asphalt Flow Down*.

1. Cetakan ukuran permukaan 20 x 40 cm dilapisi dengan menggunakan kertas *aluminium foil*, lalu timbang dan catat berat cetakan tersebut (m1).
2. Dibuat campuran aspal, selanjutnya campuran aspal dituangkan keatas cetakan yang dilapisi *aluminium foil*, ratakan permukaan dan catat beratnya (m2).
3. Cetakan yang berisi campuran aspal dimasukkan ke dalam oven selama ± 60 menit dengan suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$.
4. Cetakan dikeluarkan dari dalam oven lalu campuran aspal tersebut dituangkan dengan cepat, lalu berat cetakan dan campuran aspal yang melekat pada *aluminium foil* ditimbang dan dicatat (m3).
5. Lakukan analisis hasil pengujian.

d. Pengujian *Indirect Tensile Strength* dan *Tensile Strength Ratio*

Pada pengujian ini mengacu pada SNI 6753: 2015. Berikut langkah-langkah pengujian yang dilakukan.

1. Bahan-bahan dipersiapkan.
2. Dibuat benda uji dengan nilai KAO yang diperoleh dari *Marshall Test*.
3. Setelah dilakukan pemadatan, benda uji didiamkan selama ± 24 jam,
4. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
5. Tinggi benda uji diukur dan ditimbang pada saat keadaan kering agar dapat mengetahui berat keringnya.
6. Rendam benda uji selama $\pm 0,5$ jam menjadi jenuh, lalu lap keringkan permukaannya kemudian ditimbang pada keadaan jenuh permukaan.
7. Benda uji *ITS*, didiamkan selama ± 30 menit pada suhu 25°C .
8. Benda uji *TSR*, direndam dalam bak perendam/*waterbath* selama 24 jam dengan suhu $(60\pm 1)^{\circ}\text{C}$.
9. Setelah dilakukan perendaman, benda uji didiamkan dahulu selama ± 24 jam dalam suhu ruang 25°C .
10. Benda uji diletakkan pada alat pengujian *Indirect Tensile Strength*, lalu nyalakan mesin penguji.

11. Catat angka yang ditunjukkan oleh arloji pada pembebanan maksimum.
12. Lakukan analisis hasil pengujian.

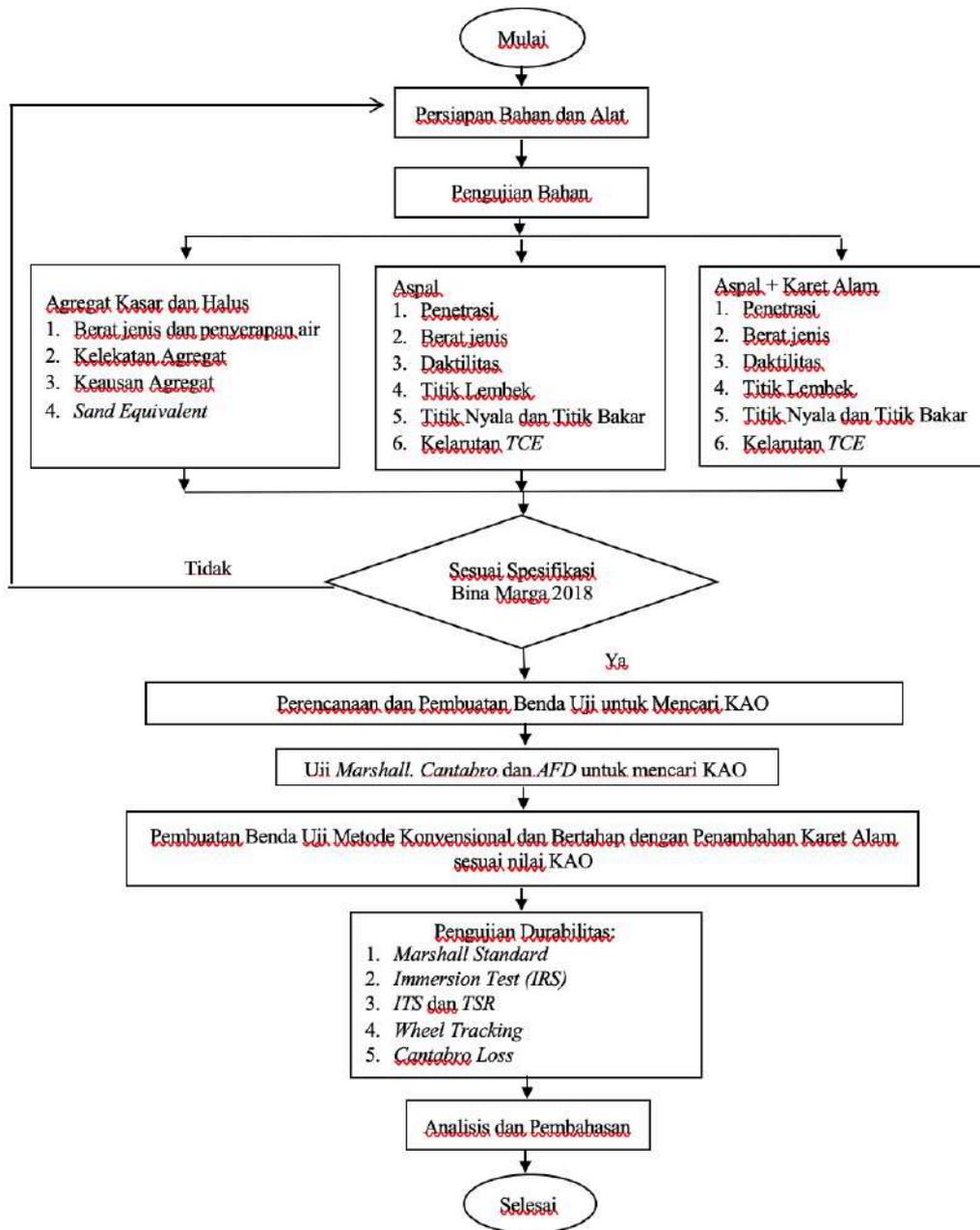
e. Pengujian *Wheel Tracking Test*

Pengujian ini mengacu pada *Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement (Japan Road Association, 1980)*. Pada pengujian ini dilaksanakan di laboratorium serta temperatur ruangan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Pengujian *Wheel Tracking Machine (WTM)* dilakukan pada temperatur ± 60 °C, dibuat benda uji pada Kadar Aspal Optimum (KAO) dan sesuai pada suhu pencampuran pemadatan optimum campuran. Berikut langkah-langkah pengujian yang dilakukan.

1. Proses pengujian ini dilakukan di laboratorium dengan temperatur ruangan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.
2. Pengujian ini dilakukan dalam kondisi benda uji kering dengan temperatur pengujian dilakukan berdasarkan spesifikasi perkerasan yang ada di Indonesia, yaitu sekitar 60 °C supaya temperatur benda uji sama, sehingga benda uji diletakkan didalam ruangan pada temperatur pengujian selama ± 6 jam.
3. Selanjutnya benda uji diletakkan pada mesin uji dibawah roda karet yang bergerak maju mundur dengan beban sekitar 6,55 kg/cm² dengan frekuensi pembebanan 21 siklus (42 lintasan/menit) selama 1 jam.
4. Hasil pengujian ini secara otomatis dicatat dengan sensor yang terdapat di tungkai roda pembebanan yang langsung dihubungkan dengan alat kontrol dan data yang didapatkan seperti perubahan bentuk (*permanent deformation*) dalam satuan lintasan/menit serta laju deformasi (*rate of deformation*) dalam satuan mm/menit.
5. Lakukan analisis hasil pengujian.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir merupakan tahapan dari penelitian yang disajikan pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Bagan Metodologi Alir Penelitian.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Pengujian campuran *Porous* 10 mm menggunakan dua metode pencampuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal lateks dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII dan Pusat Bina Jalan dan Jembatan, meliputi pengujian sifat fisik material agregat dan aspal kemudian mencari nilai kadar aspal optimum pada campuran aspal porus 10 mm bahan ikat aspal Pen 60/70, setelah mendapatkan nilai KAO dilakukan pengujian pada masing masing benda uji yang dibuat dengan metode pencampuran konvensional dan metode bertahap. Berikut hasil penelitian campuran porus 10 mm menggunakan dua metode pencampuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal lateks.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian terhadap karakteristik agregat mengacu pada persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 dan Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian berasal dari daerah Clereng, Kabupaten Kulonprogo. Berikut hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat (%)	≤ 12	5,61	Memenuhi
2	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	98	Memenuhi
3	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> 100 putaran (%)	≤ 8	5,75	Memenuhi

Lanjutan Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
4	Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles 500 putaran (%)	≤ 40	23,82	Memenuhi
5	Butiran Kasar Agregat Kasar (%)	95/90	95	Memenuhi
6	Partikel Pipih dan Lonjong (%)	≤ 10	5,04	Memenuhi
7	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,58	Memenuhi
8	Material Lolos Saringan 200	$\leq 1 \%$	0,73	Memenuhi

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,81	Memenuhi
2	Nilai Setara Pasir (%)	≥ 50	90,61	Memenuhi
3	Material Lolos Saringan No. 200 (%)	≤ 10	7,17	Memenuhi
4	Gumpalan Lempung dan Kumpulan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat (%)	≤ 1	0,69	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian menggunakan aspal pertamina pen 60/70 dan aspal Lateks, yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Adapun hasil yang telah diperoleh dari pengujian karakteristik aspal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Aspal Pen 60/70	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,058	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 - 70	65,5	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	165,0	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	344,0	Memenuhi
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	349,0	Memenuhi
6	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	≥ 99	99,7	Memenuhi
7	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48,0	Memenuhi

Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Penyusun Aspal Modifikasi *Latex*

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Aspal Pen 60/70 + lateks 7%	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 1	1,052	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	40-90	56,2	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 125	156,0	Memenuhi
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 225	300,0	Memenuhi
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 225	305,0	Memenuhi
6	Kelarutan <i>TCE</i> (%)	$\geq 97,5$	98,4	Memenuhi
7	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 57	58	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian *Marshall Test* Campuran Aspal Porus 10 mm dalam Menentukan Kadar Aspal Optimum (*KAO*)

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kadar aspal optimum dari campuran aspal porus. Adapun data yang didapatkan untuk menentukan kadar aspal optimum campuran yaitu Parameter *Marshall (VIM)*, *Asphalt Flow Down*, dan *Cantabro Loss*. Dari ketiga pengujian tersebut, parameter yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum dari campuran aspal porus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VIM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
5	410,394	5,0	85,78	18,12	33,93	27,42	1,968
5,5	501,590	5,1	99,92	17,81	36,42	28,01	1,972
6	518,442	5,1	101,05	16,96	39,71	28,13	1,970
6,5	512,041	4,7	109,83	15,74	43,68	27,94	1,985
7	322,354	5,6	57,85	14,88	47,00	28,06	1,993
Spesifikasi	> 500	2 – 6	< 400	18–25			

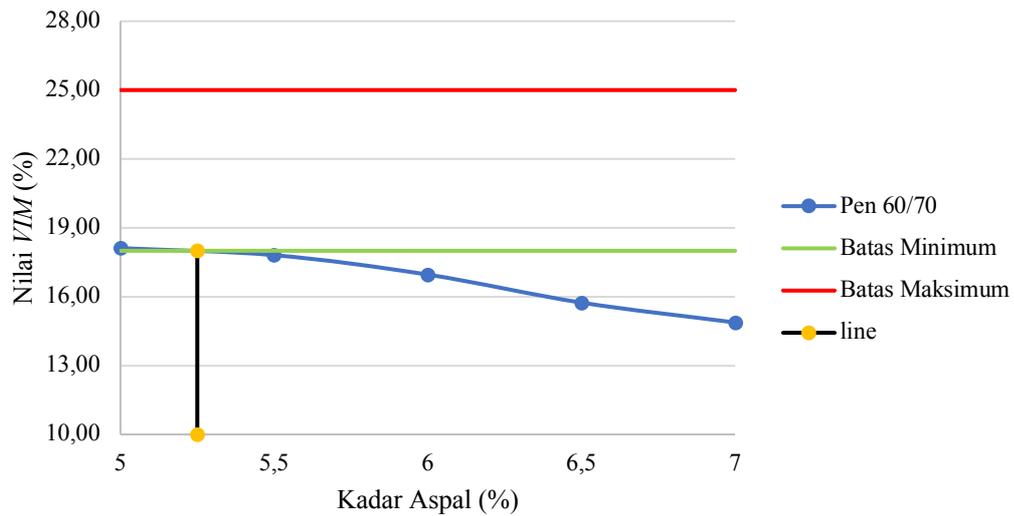
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	<i>Cantabro Loss</i> (%)	Spesifikasi Maks
5	43,69	35
5,5	28,63	35
6	16,60	35
6,5	13,20	35
7	4,75	35

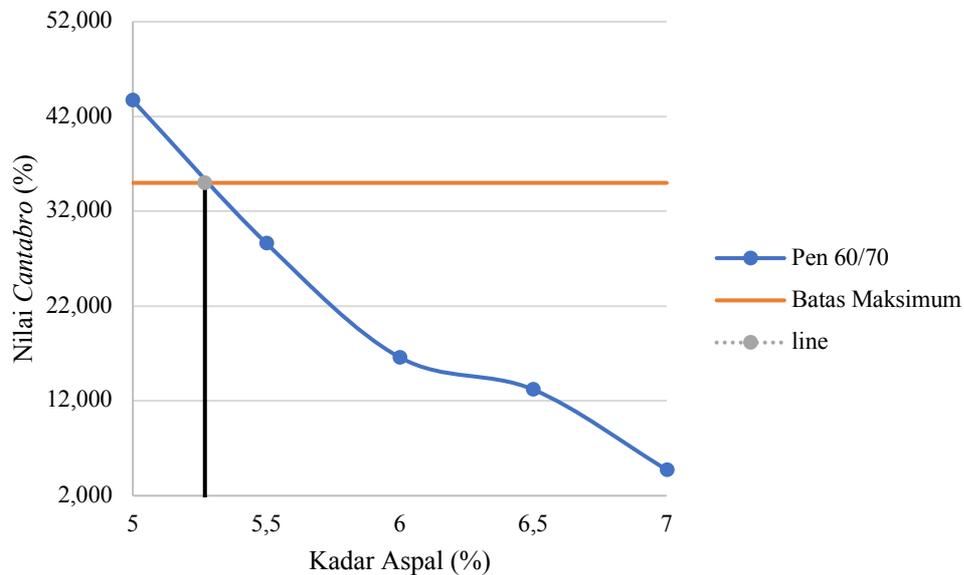
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>AFD</i> (%)	<i>Max AFD</i>
5	0,18	0,3
5,5	0,36	0,3
6	0,69	0,3
6,5	2,37	0,3
7	6,12	0,3

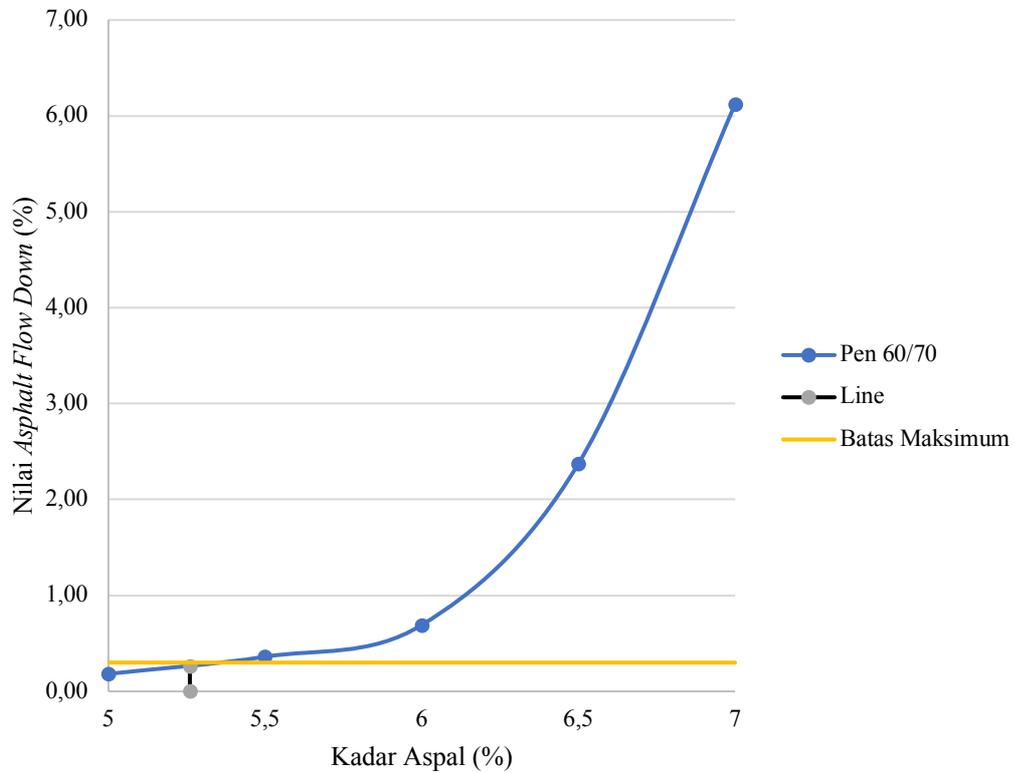
Berikut ini adalah grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *VIM*, nilai *Cantabro Loss* dan nilai *AFD* untuk menentukan kadar aspal optimum. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.3 di bawah ini.



Gambar 5.1 Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai *VIM*



Gambar 5.2 Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai *Cantabro Loss*



Gambar 5.3 Hubungan antara Penambahan Kadar Aspal dengan Nilai *Asphalt Flow Down*

Adapun rekapitulasi hasil pembacaan dari ketiga grafik di atas dalam menentukan KAO campuran aspal porus, dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Pembacaan Grafik *VIM*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* untuk Menentukan KAO

Karakteristik Pengujian	Satuan (%)
<i>VIM</i>	5,25
<i>Cantabro Loss</i>	5,27
Rata-rata	5,26
<i>Asphalt Flow Down</i>	0,26
Kadar Aspal Optimum (KAO)	5,52

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{\text{Nilai } VIM + \text{Nilai } Cantabro Loss}{2} + \text{Nilai } AFD$$

$$= \frac{5,25 + 5,27}{2} + 0,26 = 5,52 \%$$

Berdasarkan Gambar 5.1 sampai 5.3 diperoleh nilai *VIM* minimum sebesar 5,25%, nilai *Cantabro Loss* maksimum 5,27%, lalu diperoleh nilai rata-rata dari kedua nilai tersebut sebesar 5,33%. Nilai rata-rata di plotting pada grafik *AFD* diperoleh nilai 0,26%, sehingga didapatkan nilai kadar aspal optimum dari penjumlahan nilai rata-rata dan hasil plotting yaitu sebesar 5,52% dari berat total campuran.

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran Aspal Porus 10 mm pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kadar aditif lateks sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal porus, yang meliputi pengujian karakteristik *Marshall*, *Immersion Test (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, dan *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Wheel Tracking*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 5.9** sampai **Tabel 5.17** berikut.

Tabel 5. 9 Hasil Pengujian *Marshall Test* Menggunakan Metode Pencampuran Konvensional dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	523,28	3,91	133,80	16,69	38,35	27,07	1,989
2,5	609,38	3,72	165,55	16,54	38,61	26,93	1,992
5	545,95	3,19	171,21	16,58	38,53	26,97	1,991
7,5	374,89	3,43	109,95	15,20	40,99	25,77	2,024

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian *Marshall Test* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	529,72	3,55	150,16	16,43	38,78	26,84	1,995
2,5	628,29	3,66	172,68	15,60	40,27	26,11	2,015
5	572,14	3,16	181,45	15,73	40,04	26,22	2,012
7,5	494,43	4,19	118,23	14,89	41,61	25,49	2,032

Tabel 5. 11 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran Konvensional dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	<i>Index of Retained Strength (%)</i>	
	Konvensional	Bertahap
0	68,81	76,60
2,5	81,23	83,04
5	78,23	87,81
7,5	76,74	78,24

Tabel 5. 12 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	<i>Indirect Tensile Strength (%)</i>	
	Konvensional	Bertahap
0	25,42	37,49
2,5	37,81	44,31
5	40,49	43,77
7,5	22,56	38,57

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian *Tensile Strength Ratio (TSR)* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	<i>Tensile Strength Ratio (%)</i>	
	Konvensional	Bertahap
0	60,22	61,60
2,5	61,35	65,82
5	81,56	85,32
7,5	51,53	55,16

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	<i>Cantabro Loss (%)</i>	
	Konvensional	Bertahap
0	20,85	19,67
2,5	16,88	13,20
5	12,66	9,05
7,5	9,45	12,84

Tabel 5. 15 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar lateks (%)	<i>Asphalt Flow Down (%)</i>	
	Konvensional	Bertahap
0	0,27	0,21
2,5	0,26	0,18
5	0,26	0,13
7,5	0,15	0,11

Tabel 5. 16 Hasil Kecepatan Deformasi dari Pengujian *Wheel Tracking* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar Lateks (%)	Kecepatan Deformasi (mm/menit)	
	M.Konvensional	M.Bertahap
0	0,083	0,075
2,5	0,079	0,073
5	0,092	0,069
7,5	0,115	0,062

Tabel 5. 17 Hasil Stabilitas Dinamis dari Pengujian *Wheel Tracking* Menggunakan Dua Metode Pencampuran dengan Bahan Ikat Aspal Modifikasi *Latex*

Kadar Lateks (%)	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)	
	M.Konvensional	M.Bertahap
0	504,00	562,500
2,5	529,41	572,727
5	456,52	605,769
7,5	364,16	677,419

5.1.5 Hasil Analisis Statistik Anova

Hasil analisis anava terdiri dari data-data uji karakteristik *Marshall*, *Immersion Test (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, dan *Tensile Strength Ratio (TSR)*, *Wheel Tracking*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*. Dengan metode pencampuran konvensional dan bertahap pada campuran porus 10 mm. data hasil rekapitulasi analisis statistik menggunakan anova dapat dilihat pada Tabel 5. 18 dan Tabel 5. 19.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Anova untuk Sifat Fisik Aspal Lateks terhadap Aspal Pen 60/70.

No.	Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
1	Berat Jenis	H0 Diterima	Tidak Signifikan
2	Penetrasi	H0 Ditolak	Signifikan
3	Daktalitas	H0 Ditolak	Signifikan
4	Titik Nyala	H0 Ditolak	Signifikan
5	Titik Bakar	H0 Ditolak	Signifikan
6	Kelarutan <i>TCE</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
7	Titik Lembek	H0 Diterima	Tidak Signifikan

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Two Way Anova untuk Kadar Latex Terhadap Marshall Test, IRS, ITS, TSR, Wheel Tracking, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down.

No.	Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
1	<i>Void in the Total Mix (VIM)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
2	<i>Void filled with Asphalt (VFWA)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
3	<i>Voids in the Mineral Agregat (VMA)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
4	<i>Density</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
5	Stabilitas	H0 Diterima	Signifikan
6	<i>Flow</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
7	<i>Marshall Quotient</i>	H0 Diterima	Signifikan
8	<i>Index of Retained Strength</i>	H0 Diterima	Signifikan
9	<i>Indirect Tensile Strength</i>	H0 Diterima	Signifikan
10	<i>Tensile Strength Ratio</i>	H0 Diterima	Signifikan
11	Stabilitas Dinamis	H0 Diterima	Tidak Signifikan
12	Kecepatan Deformasi	H0 Diterima	Tidak Signifikan
13	<i>Cantabro Loss</i>	H0 Diterima	Signifikan
14	<i>Asphalt Flow Down</i>	H0 Diterima	Signifikan

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Two Way Anova untuk Pengaruh Dua Metode Pencampuran Terhadap *Marshall Test, IRS, ITS, TSR, Wheel Tracking, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down.*

No.	Parameter	Keterangan	Hasil Analisis
1	<i>Void in the Total Mix (VIM)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
2	<i>Void filled with Asphalt (VFWA)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
3	<i>Voids in the Mineral Agregat (VMA)</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
4	<i>Density</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
5	Stabilitas	H0 Diterima	Tidak Signifikan
6	<i>Flow</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
7	<i>Marshall Quotient</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
8	<i>Index of Retained Strength</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
9	<i>Indirect Tensile Strength</i>	H0 Diterima	Signifikan
10	<i>Tensile Strength Ratio</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
11	Stabilitas Dinamis	H0 Diterima	Signifikan
12	Kecepatan Deformasi	H0 Diterima	Signifikan
13	<i>Cantabro Loss</i>	H0 Diterima	Tidak Signifikan
14	<i>Asphalt Flow Down</i>	H0 Diterima	Signifikan

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Agregat Kasar

Berikut pembahasan untuk pengujian karakteristik agregat kasar yang digunakan sebagai berikut.

1. Berat jenis agregat kasar

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat volume agregat yang digunakan dengan berat volume air pada temperatur tertentu. Nilai berat jenis yang diperiksa adalah berupa berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji dikering oven (BK). Dan pada hasil pengujian berat jenis agregat kasar pada penelitian ini didapatkan sebesar 2,58 yang artinya telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 1969:2008 yaitu sebesar $> 2,5$.

2. Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan Natrium Sulfat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kekekalan agregat terhadap proses kimiawi sebagai akibat dari pengaruh perbedaan iklim dan cuaca, simulasi menggunakan larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat jenuh untuk memperoleh indeks ketangguhan batu yang akan digunakan atau nilai kekekalan batu terhadap proses pelarutan yang disebabkan perendaman di dalam larutan natrium sulfat. Semakin rendah nilai indeks kekekalan agregat, maka kekekalan atau ketangguhan batu terhadap larutan natrium sulfat semakin tinggi dan sebaliknya. Adapun hasil persentase indeks kekekalan agregat kasar terhadap larutan natrium sulfat adalah 5,61% dan memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 3407:2008 yaitu $< 12\%$.

3. Keausan dengan mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hasil sebesar 5,75% untuk 100 putaran dan 23,82% untuk 500 putaran. Nilai ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 2417:2008 yaitu $< 40\%$.

4. Kelekatan agregat terhadap aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap luas keseluruhan permukaan. Pada pengujian ini didapatkan hasil sebesar 98%, dan artinya kelekatan agregat terhadap aspal pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 2439:2011 yaitu $> 95\%$.

5. Butiran kasar agregat kasar

Pengujian ini untuk menentukan persentase butir pecah pada agregat kasar diperlukan untuk menentukan kualitas agregat kasar yang akan digunakan. Penggunaan agregat kasar yang mempunyai bidang pecah akan menambah tahanan gesek antar butiran dalam campuran sehingga menambah stabilitas campuran, dan juga akan memberikan tekstur permukaan yang baik dan menambah kekesatan. Hasil persentase butiran kasar agregat kasar adalah sebesar 95%. Hasil pengujian ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 7619:2012 yaitu $> 95/90\%$.

6. Partikel pipih dan lonjong

Pengujian ini untuk menentukan indeks kepipihan dan kelonjongan suatu agregat, sehingga agregat yang digunakan bisa seragam. Adapun hasil sebesar 5,04%. Penelitian ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi ASTM D-4791 yaitu <10%.

7. Material lolos saringan no. 200

bertujuan untuk menentukan material dalam agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0,075mm) dengan cara pencucian. Lempung koloidal dan lumpur biasanya tercampur pada agregat kasar maupun agregat halus. Apabila kandungan zat ini berada dalam jumlah yang cukup banyak, dapat mengurangi kekuatan campuran aspal. Berikut hasil pengujiannya menunjukkan persentase sebesar 0,73%. Hasil pengujian ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI *ASTM C117:2012* yaitu <1%.

5.2.2 Karakteristik Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik agregat halus yang digunakan.

1. Berat jenis agregat halus

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap air pada suhu tertentu. Nilai berat jenis yang diperiksa adalah berupa berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ), berat benda dalam air (BA), dan berat benda uji dikering oven (BK). Dan pada hasil pengujian berat jenis agregat kasar pada penelitian ini didapatkan sebesar 2,813, yang artinya telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 3423:2008 yaitu sebesar $> 2,5$.

2. Nilai setara pasir (*Sand Equivalent*)

Pengujian ini bertujuann untuk mengetahui nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus. Hasil pengujian *sand equivalent* pada agregat halus yang digunakan pada penelitian ini didapatkan sebesar 90,612%. Dan dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan sangat bersih dan terbebas dari kotoran,

lumpur atau kotoran. Nilai *sand equivalent* memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 03-4428-1997 yaitu >50%.

3. Material lolos saringan no. 200

Pengujian bertujuan untuk menentukan material dalam agregat halus yang lolos saringan no. 200 (0.075mm) dengan cara pencucian. Lempung koloidal dan lumpur biasanya tercampur pada agregat kasar maupun agregat halus. Jika jumlah kandungan zat ini cukup banyak, mampu mengurangi kekuatan campuran aspal. Berikut nilainya sebesar 7,17%. Hasil pengujian ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI *ASTM C117:2012* yaitu <10%.

4. Gumpalan lempung dan kumpulan butir-butir mudah pecah dalam agregat

Pengujian dilakukan dengan cara ditekan di antara ibu jari dan jari telunjuk, setelah agregat tersebut direndam dalam air suling selama (24 ±4) jam dan memperoleh persen gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar, sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pelaksana pembangunan jalan. Adapun hasil pengujiannya adalah sebesar 0,69%. Hasil pengujian ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI 03-4141-1996 yaitu <1%.

5.2.3 Karakteristik Aspal

Pembahasan untuk pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 dan aspal lateks yang digunakan sebagai bahan ikat pada campuran Aspal porus 10 mm dengan variasi metode pencampuran adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis

Berat jenis aspal didapat dari hasil perbandingan antara volume aspal dan volume air. Hasil pengujian berat jenis aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai berat jenis aspal Pen 60/70 sebesar 1,058 dan nilai berat jenis aspal modifikasi 7,5% lateks sebesar 1,052. Nilai berat jenis kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Berat jenis kedua aspal memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2441: 2011.

2. Penetrasi aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan aspal dengan beban dan waktu yang ditentukan pada suhu ruang. Semakin rendah nilai penetrasinya maka semakin keras aspal tersebut, dan begitu juga sebaliknya. Hasil pengujian penetrasi aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai penetrasi aspal Pen 60/70 sebesar 65,50 mm dan nilai penetrasi aspal modifikasi 7,5% lateks sebesar 56,20 mm.

Nilai penetrasi kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang signifikan, hal ini disebabkan oleh meningkatnya elastisitas aspal lateks karena adanya kandungan karet alam yang terdistribusi dalam aspal. Nilai penetrasi pada kedua aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2456: 2011 yaitu antara 60 mm -70 mm pada aspal Pen 60/70 dan antara 40 -90 mm pada modifikasi Lateks.

3. Daktilitas aspal.

Nilai daktilitas aspal menunjukkan tingkat kekenyalan pada aspal. Nilai dapat mempengaruhi nilai fleksibilitas campuran, fleksibilitas campuran merupakan kemampuan suatu campuran dalam menahan beban yang akan diterima tanpa mengalami kerusakan. Hasil nilai daktilitas aspal Pen 60/70 sebesar 165 cm atau tidak putus pada saat pengujian dan nilai daktilitas aspal modifikasi 7,5% lateks sebesar 160 cm putus pada saat pengujian. Nilai daktilitas kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang signifikan. Nilai daktilitas pada kedua aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2432: 2011 yaitu > 100 cm untuk aspal Pen 60/70 dan > 125 untuk aspal modifikasi Lateks.

4. Titik Nyala Aspal

Nilai titik nyala aspal menunjukkan batas temperatur di mana aspal mulai menyala singkat dan memercikan api. Pengujian ini dilakukan karena adanya sifat aspal yang termoplastik atau kekentalan aspal yang dapat berubah-ubah sesuai perubahan suhu. Hasil pengujian titik nyala aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai titik nyala aspal Pen 60/70 sebesar 344°C dan aspal lateks sebesar 300°C. Nilai titik nyala kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang signifikan, karena aspal lateks memiliki nilai titik nyala yang lebih rendah dan

artinya aspal lateks memiliki suhu lebih rendah dari aspal Pen 60/70 pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Nilai titik nyala pada kedua aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2433: 2011 yaitu sebesar $> 232^{\circ}\text{C}$ untuk aspal Pen 60/70 dan $> 200^{\circ}\text{C}$ untuk aspal modifikasi Lateks.

5. Titik Bakar Aspal

Aspal merupakan bahan yang bersifat *thermoplastic*, dimana kekentalan yang dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur maka semakin lunak atau cair. Pengujian titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal menimbulkan api ketika dipanaskan. Nilai titik bakar aspal menunjukkan batas temperatur di mana aspal mulai menimbulkan api yang terlihat menyala ± 5 detik pada permukaan aspal. Nilai titik bakar aspal Pen 60/70 sebesar 349°C dan aspal lateks sebesar 305°C . Nilai titik nyala kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang signifikan, karena aspal lateks memiliki titik bakar yang lebih rendah dan artinya aspal lateks memiliki suhu lebih rendah pada saat aspal terlihat terbakar singkat pada suatu titik di atas permukaan. aspal. Nilai titik nyala pada kedua aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2433: 2011 yaitu sebesar $> 232^{\circ}\text{C}$ untuk aspal Pen 60/70 dan $> 200^{\circ}\text{C}$ untuk aspal modifikasi Lateks.

6. Kelarutan dalam *Tetrachloro Ethylene (TCE)*

Merupakan persentase jumlah aspal yang larut dalam *Trichloroethylene* yang nantinya akan berpengaruh terhadap ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan aspal dalam *TCE* pada penelitian ini menunjukkan nilai kelarutan pada aspal Pen 60/70 sebesar 99,66% dan pada aspal lateks sebesar 98,42%. Hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, dan memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi AASHTO T44-03 yaitu $> 99\%$ untuk aspal Pen 60/70 dan $> 97,5\%$ untuk aspal modifikasi Lateks.

7. Titik lembek

Nilai titik lembek aspal adalah batas temperatur di mana aspal mulai menjadi lunak atau lembek. Hasil pengujian titik lembek aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai titik lembek aspal Pen 60/70 sebesar 48°C dan aspal lateks

sebesar 58°C . Nilai titik lembek kedua aspal tersebut menunjukkan hasil yang berbeda secara tidak signifikan, karena aspal lateks memiliki nilai titik lembek yang lebih tinggi dan artinya temperatur aspal lateks pada mulai mengalami kelembekan atau mencapai tingkat *viskositas* lebih tinggi dari aspal Pen 60/70. Nilai titik nyala pada kedua aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 spesifikasi SNI – 2434: 2011 untuk nilai titik lembek yang disyaratkan pada aspal Pen 60/70 sebesar $\geq 48^{\circ}\text{C}$ dan pada aspal lateks sebesar $\geq 57^{\circ}\text{C}$.

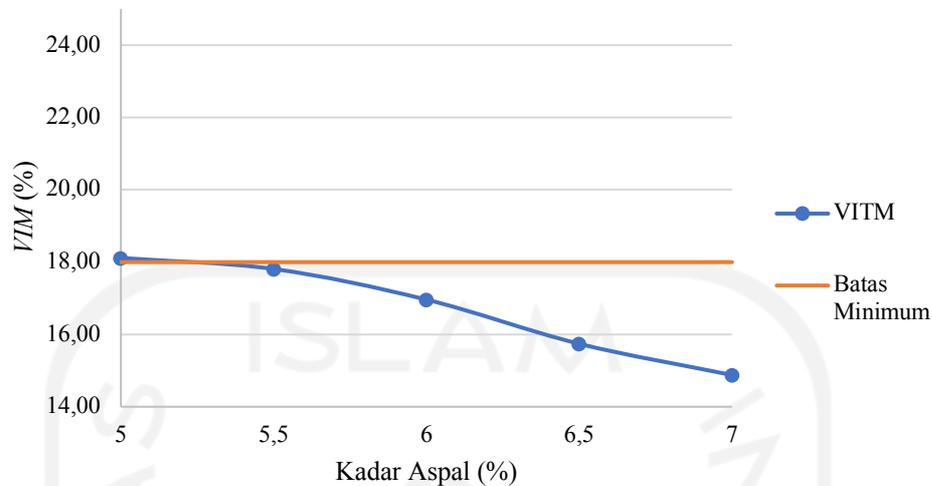
5.2.4 Karakteristik *Marshall* Standar, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum (KAO) campuran Aspal Porus ditentukan dengan melihat tiga parameter, diantaranya karakteristik *Marshall* Standar pada Nilai *VIM*, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down*, berdasarkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004). Berikut pembahasan dari hasil pengujian *Marshall* Standar, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* untuk menentukan KAO.

1. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap *Marshall* Standar

a. *Void in the Total Mix (VIM)*

Void in the Total Mix (VIM) adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. *VIM* berfungsi sebagai ruang bergesernya agregat akibat beban lalu lintas atau ruang bagi aspal yang melunak akibat perubahan temperatur. Persyaratan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) nilai *VIM* pada campuran aspal porus adalah sebesar 18% - 25%, hal ini memudahkan air lolos melalui rongga campuran sesuai dengan fungsi campuran aspal porus, tetapi berdampak pada keawetan campuran. Berikut nilai *VIM* terlihat pada **Gambar 5.4** berikut.

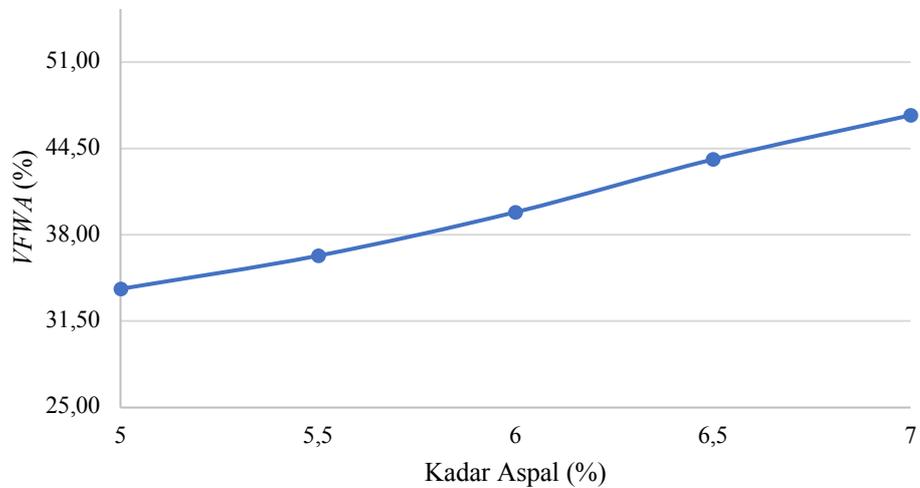


Gambar 5.4 Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan *VIM*

Berdasarkan Gambar 5.4 menunjukkan semakin besar kadar aspal yang digunakan pada campuran maka semakin rendah nilai *VIM*. Penurunan nilai *VIM* terjadi disebabkan oleh semakin banyaknya aspal yang mengisi rongga pada campuran. Semakin rendah nilai *VIM* maka semakin tinggi resiko campuran mengalami *bleeding*. nilai *VIM* sesuai spesifikasi *AAPA 2004* yaitu 18% - 25% pada kadar 5% sampai 5,25%, sedangkan nilai *KAO* yang didapat adalah 5,52%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rizki (2018) dimana nilai *VIM* mengalami penurunan disetiap penambahan kadar aspal pada campuran porusnya.

b. *Void Filled with Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah persentase nilai yang menunjukkan banyaknya rongga dalam suatu campuran yang terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* yang terlalu rendah akan menyebabkan campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi, menyebabkan ikatan antar agregat menurun dan kinerja campuran menjadi rendah. Sebaliknya, Nilai *VFWA* yang besar menyebabkan campuran menjadi lentur karena rongga campuran cukup terisi oleh aspal. Berikut nilai *VFWA* terlihat pada **Gambar 5.5** berikut.

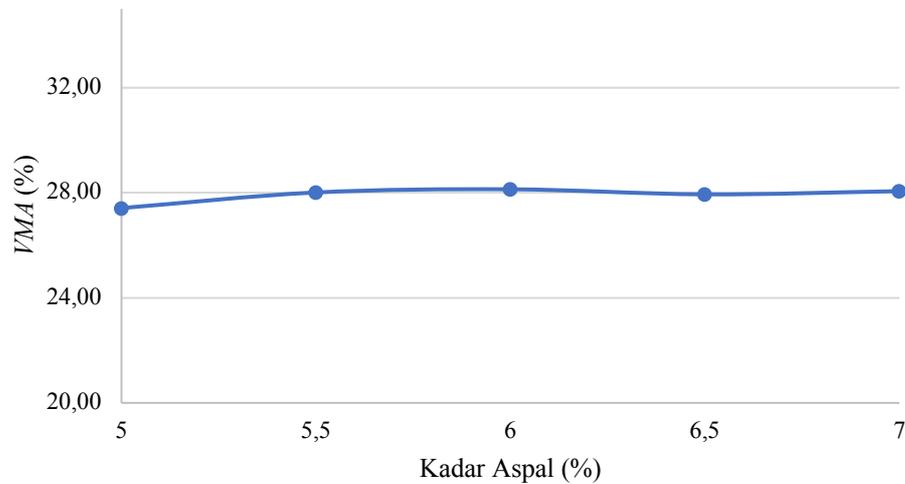


Gambar 5.5 Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan VFWA

Berdasarkan Gambar 5.5 Hasil pengujian di laboratorium, nilai *VFWA* tertinggi adalah 47,00% pada penggunaan kadar aspal 7% terhadap campuran dan nilai *VFWA* terendah adalah 33,92% pada penggunaan kadar aspal 5% terhadap campuran. Sejalan dengan penelitian Marizka (2021) dimana nilai *VFWA* campuran aspal porus mengalami kenaikan yang signifikan yaitu sebesar 33,60% menjadi 48,81% pada kadar aspal 5% sampai 7%.

c. *Void in Mineral Agregate (VMA)*

VMA yaitu rongga udara antar butir agregat aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai *VMA* akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal, dan semakin tinggi nilai *VMA* maka kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal. Nilai *VMA* digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan rongga udara yang dibutuhkan dalam campuran agregat aspal. Berikut nilai *VMA* terlihat pada **Gambar 5.6** berikut.



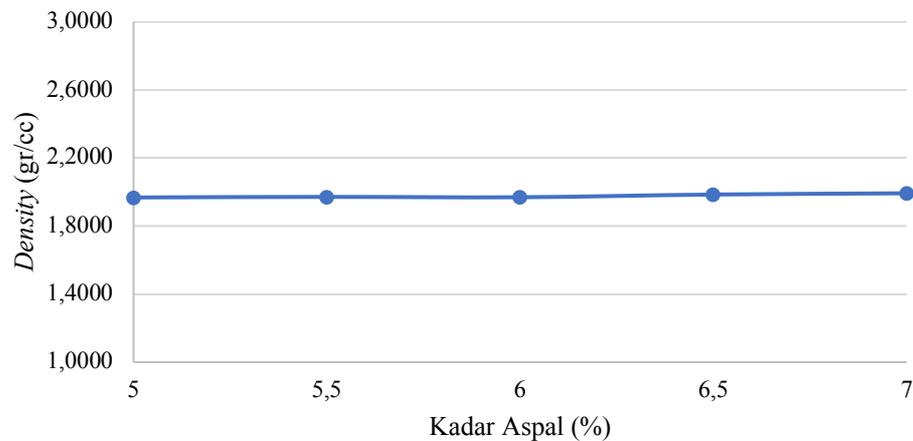
Gambar 5.6 Hasil Penambahan Kadar Aspal dengan *VMA*

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa nilai *VMA* akan mengalami kenaikan tidak terlalu signifikan seiring bertambahnya kadar aspal. Dimana nilai *VMA* tertinggi pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 28,06%. Hal tersebut berbeda dengan penelitian Marizka (2021) dimana nilai *VMA* campuran aspal porus mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 28,34% menjadi 28,04% pada kadar aspal 5% sampai 7%.

d. Kepadatan (*density*)

Nilai kepadatan atau *density* adalah tingkat kerapatan suatu campuran setelah dipadatkan. Semakin meningkatnya kadar aspal maka nilai *density* akan semakin naik sehingga campuran tersebut semakin rapat dan padat, karena semakin meningkatnya kadar aspal, maka semakin besar juga jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir pada volume campuran. Nilai *density* dapat dipengaruhi oleh faktor gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. nilai *density* pada

Gambar 5.7 berikut.

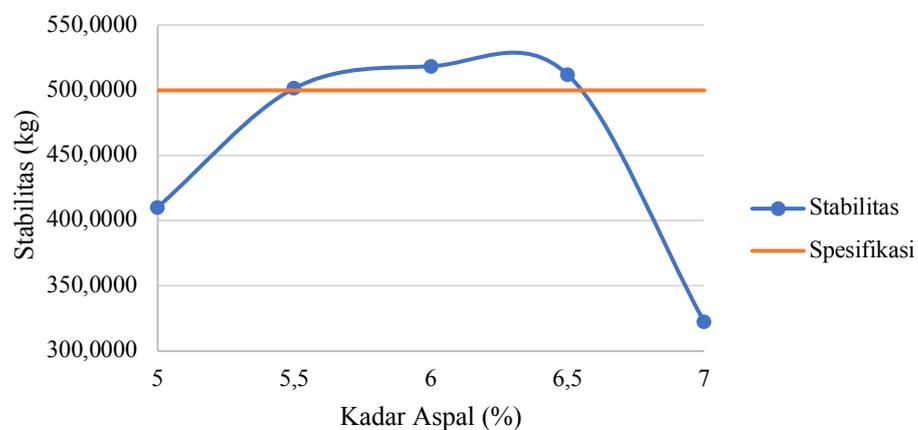


Gambar 5.7 Hubungan Kadar Aspal dengan *Density*

Berdasarkan Gambar 5.7 dapat diketahui nilai *density* campuran mengalami peningkatan tidak signifikan seiring penambahan kadar aspal. Ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Marizka (2021)

e. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas dimaksudkan agar perkerasan mampu mendukung beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk. Stabilitas diperoleh dari gesekan antar partikel, gaya pengunci, dan gaya adhesi yang baik antara butuan dan aspal. Gaya-gaya tersebut dipengaruhi oleh kekerasan batuan, ukuran gradasi, bentuk butiran, kadar aspal, dan tingkat kepadatan campuran. Berikut terlihat pada **Gambar 5.8** berikut.

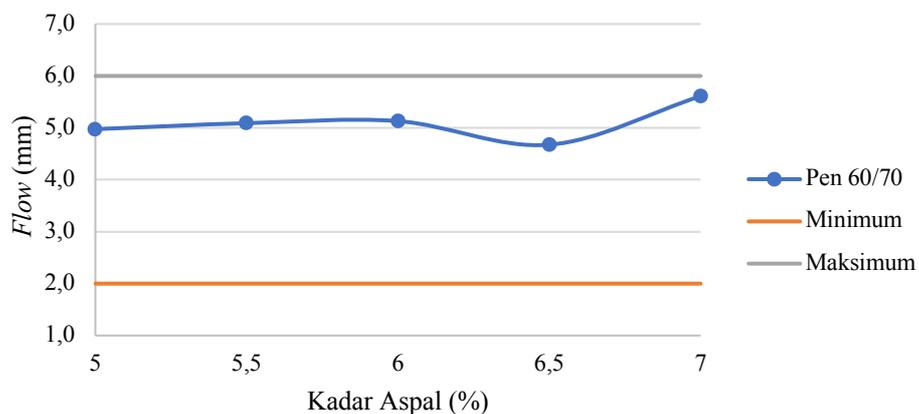


Gambar 5.8 Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.8 Nilai stabilitas campuran aspal porus yang memenuhi persyaratan *AAPA 2004* yaitu >500 kg yaitu kadar aspal 5,5%-6,5% . dengan kadar optimum sebesar 518,44 Kg pada 6% aspal dan kembali mengalami penurunan. Hal ini sedikit berbeda dengan penelitian Ramadhan (2022) dimana penelitian campuran aspal porus menunjukkan grafik kenaikan dan kembali turun, tetapi nilai stabilitas optimum terlihat pada 6% kadar aspal.

f. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan plastis (*flow*) merupakan indikator terhadap lentur suatu campuran aspal. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh. Campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah retak bila menerima beban yang melebihi dari kapasitas daya dukungnya. Sebaliknya jika nilai *flow* tinggi dengan stabilitas yang rendah maka akan cenderung bersifat plastis dan mudah merubah bentuk bila menerima beban yang melebihi kapasitasnya. Berikut terlihat pada **Gambar 5.9** berikut.



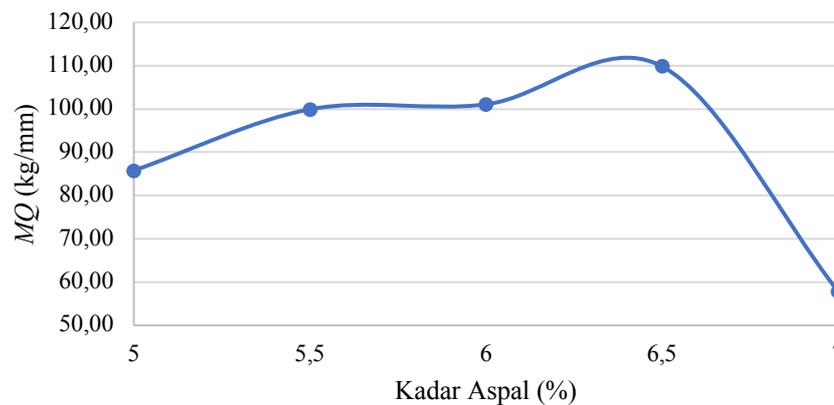
Gambar 5.9 Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

Berdasarkan Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai *flow* cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan kadar aspal, nilai *flow* tertinggi terlihat pada

kadar aspal 7% yaitu sebesar 5,6 mm, dapat dilihat juga bahwa nilai *flow* diatas memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 2-6 mm.

g. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *MQ* diperoleh dari rasio nilai stabilitas terhadap *flow*. Nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan campuran tersebut kaku dan fleksibilitasnya rendah, dengan demikian akan mudah terjadi *cracking* akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Nilai *MQ* yang diperoleh terlihat pada **Gambar 5.10** berikut.

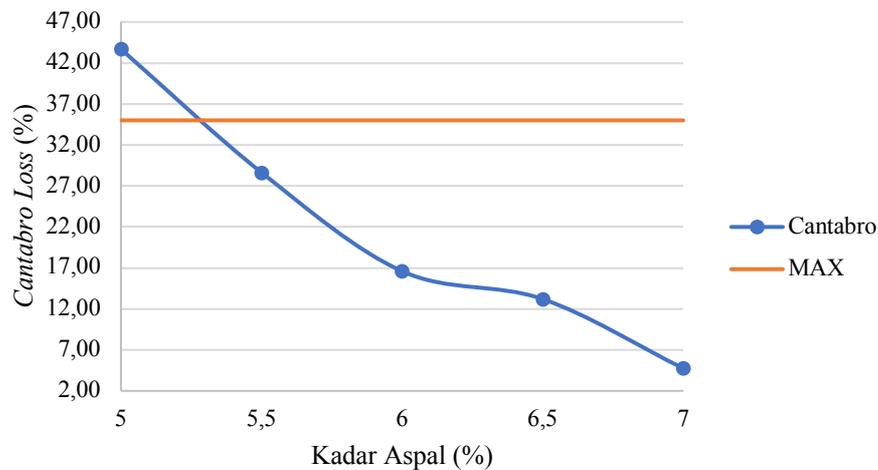


Gambar 5.10 Hubungan Kadar Aspal dengan *MQ*

Berdasarkan Gambar 5.10 nilai *MQ* cenderung mengalami kenaikan yang signifikan dari 5%-6,5% kadar aspal dan kembali turun pada kadar aspal 7%. Sedikit berbeda dengan penelitian Mariska (2021) yang nilai *MQ* cenderung terus meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

2. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Pengujian *Cantabro Loss*

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Persyaratan menurut *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) yaitu kurang dari 35%. Adapun hasil dilihat pada **Gambar 5.11** berikut.

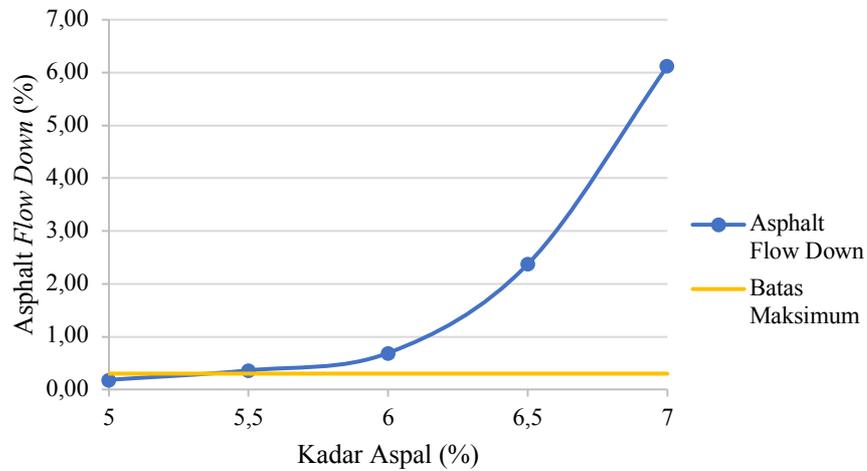


Gambar 5.11 Hubungan Kadar Aspal dengan *Cantabro Loss*

Berdasarkan Gambar 5.11 hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi nilai *cantabro loss* sesuai spesifikasi *AAPA 2004* adalah 5,5% – 7%, dan untuk KAO yang diperoleh yaitu 5,52% yang memenuhi persyaratan < 35%. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Marizka (2021) dimana hasil penelitian menunjukkan nilai *cantabro loss* semakin menurun seiring bertambahnya penggunaan kadar aspal. Bila nilai *cantabro loss* semakin menurun maka campuran akan semakin tahan terhadap keausan. Semakin baik daya ikat campuran antara agregat dan aspal, kemampuan campuran aspal porus semakin tahan terhadap benturan.

3. Analisis Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Pengujian *Asphalt Flow Down*

Pengujian *Asphalt Flow Down* adalah parameter untuk mengetahui banyak aspal yang efektif untuk menyelimuti agregat di dalam campuran, sehingga campuran memiliki durabilitas yang baik. Bertujuan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang tercampur secara homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal. Sesuai spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (2004)* besarnya nilai *Asphalt Flow Down* yaitu lebih kecil dari 0,3%. Hasil penelitian dapat dilihat pada **Gambar 5.12** berikut.



Gambar 5.12 Hubungan Kadar Aspal dengan *Asphalt Flow Down*

Berdasarkan Gambar 5.12 nilai *Asphalt Flow Down* mengalami peningkatan signifikan seiring penambahan kadar aspal. Berdasarkan spesifikasi *AAPA* 2004 yaitu < 0,3 % hasil pengujian nilai *AFD* yang memenuhi batas maksimum adalah kurang dari 5,5 %. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan (2022) dimana nilai *Asphalt Flow Down* pada campuran aspal porous mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal. Peningkatan jumlah persentase *Asphalt Flow Down* menunjukkan campuran tidak tercampur dan terpadatkan secara homogen sehingga terjadi pemisahan antara agregat dan aspal, hal itu menunjukkan aspal yang menyelimuti agregat semakin tebal dan mengakibatkan aspal yang melekat pada permukaan terluar akan terpisah dari campuran.

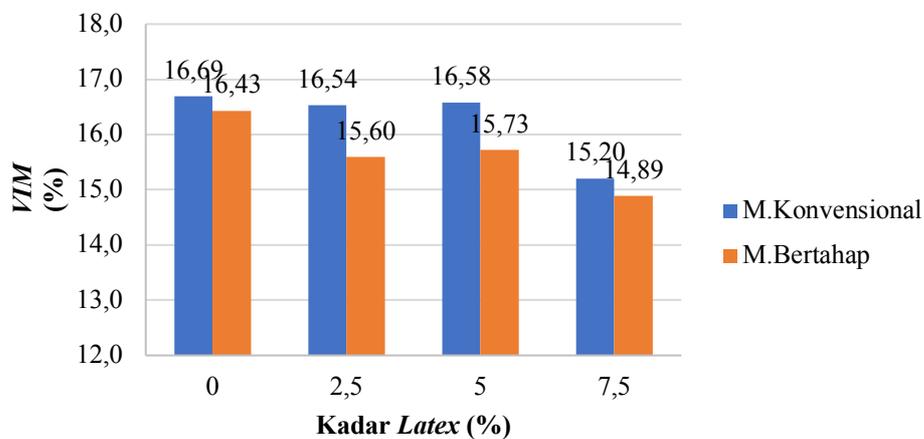
5.2.5 Pengaruh Metode Pencampuran Bertahap Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Campuran *Porous* 10 MM.

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* pada campuran *Porus* 10 mm, didapat nilai KAO aspal Pen 60/70 sebesar 5,52%. Setelah KAO diperoleh, dibuat spesimen dengan 2 metode pencampuran, yaitu metode pencampuran secara konvensional dan metode pencampuran Bertahap dengan jumlah bahan ikat aspal sesuai kadar aspal optimum (KAO). Sebagai pembandingnya, sampel dibuat menggunakan

bahan ikat yaitu aspal Pen 60/70 modifikasi *Latex*. Berikut penjelasan hasil pengujian yang dilakukan.

1. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Void In The Mix (VIM)*

Nilai *VIM* perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap menggunakan bahan ikat aspal modifikasi karet alam (*Latex*). Dapat dilihat pada grafik di Gambar 5.13 berikut ini.



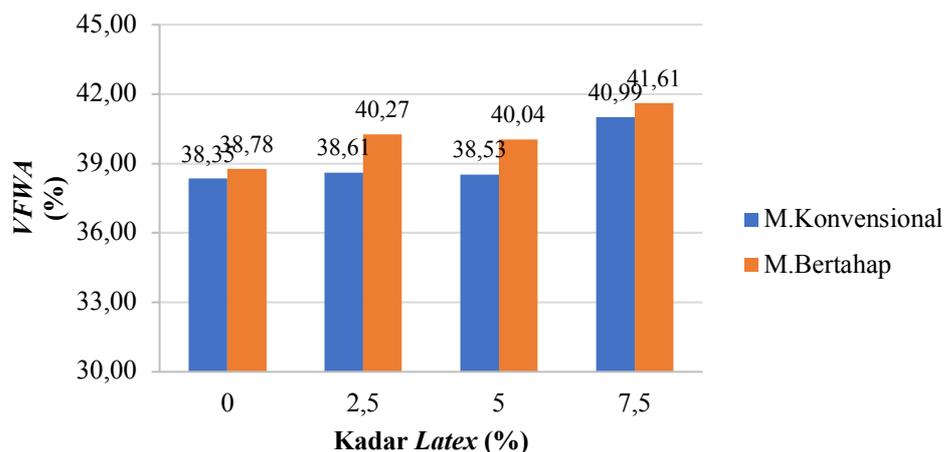
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *VIM* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 5.13 diatas dapat dilihat bahwa nilai *VIM* campuran *Porous* 10 mm bahan ikat aspal modifikasi lateks mengalami penurunan tidak signifikan baik menggunakan metode pencampuran konvensional atau metode pencampuran bertahap. Nilai *VIM* terkecil terlihat pada kadar lateks 7,5% yaitu sebesar 15,42% pada metode konvensional dan 14,89% pada metode bertahap. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wijaya (2016) yang menyatakan penggunaan modifikasi aspal karet alam mengalami penurunan nilai *VIM* seiring bertambahnya kadar karet alam, hal ini menunjukkan bahwa rongga yang terdapat dalam campuran semakin mengecil sehingga menyebabkan ketahanan aspal terhadap air meningkat.

Dari Gambar 5.13 di atas, campuran *Porous* 10 mm berbahan ikat aspal modifikasi *latex* dengan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *VIM* lebih rendah tidak signifikan dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional. Hal tersebut dipengaruhi oleh pelapisan awal agregat kasar dengan aspal sehingga membuat rongga – rongga kecil yang terdapat pada campuran *Porous* 10 mm dapat terisi oleh aspal. Penelitian ini sejalan dengan Hidayat (2021) menyatakan hasil bahwa nilai *VIM* metode pencampuran dua fase cenderung lebih rendah dibanding metode pencampuran konvensional. hal ini menunjukkan aspal mampu menembus rongga udara pada agregat kasar yang membuat nilai rongga cenderung kecil.

2. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai *VFWA* perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap menggunakan bahan ikat ikat aspal modifikasi karet alam (*latex*). Dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



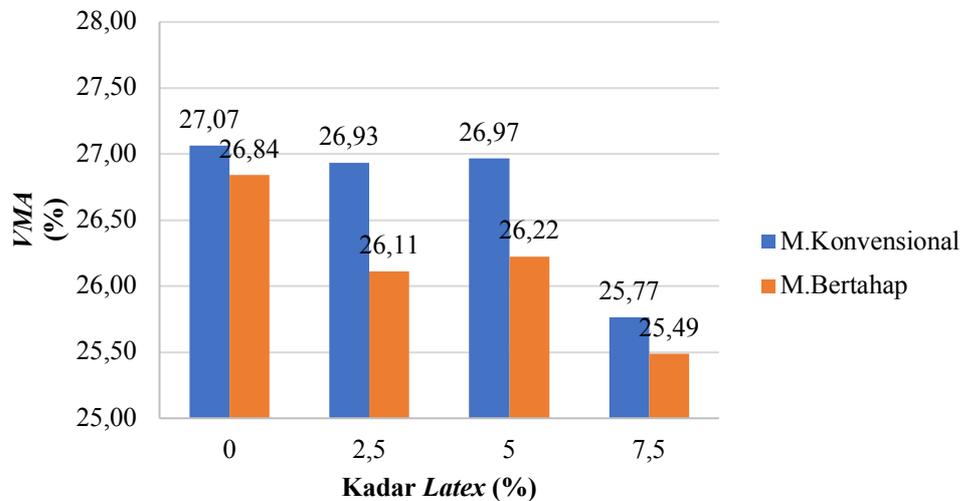
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *VFWA* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Berdasarkan Gambar 5.14 diatas, campuran *Porous* 10 mm berbahan ikat aspal modifikasi *latex* menghasilkan nilai *VIM* dengan metode pencampuran bertahap lebih baik namun tidak signifikan dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Hal tersebut disebabkan karena tingginya volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal akibat dari penggunaan metode pencampuran bertahap. Sejalan dengan penelitian Kok dan Koluglu (2011) menyatakan penggunaan metode pencampuran dua fase mampu mengurangi nilai rongga pada campuran membuat campuran semakin kedap air dan udara.

Nilai *VFWA* pada campuran aspal *porous* 10 mm menggunakan bahan ikat modifikasi lateks ini cenderung mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan seiring bertambahnya kadar latex. Hal tersebut disebabkan karena proses pencampuran aspal lateks dengan agregat, yang membuat penyelimutan aspal menjadi baik. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Nursandah (2019) penggunaan modifikasi karet alam (*Latex*) pada campuran mampu meningkatkan nilai *VFA*.

3. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Void Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah jumlah pori diantara butir-butir agregat di dalam campuran padat yang dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian nilai *VMA* perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap menggunakan bahan ikat aspal modifikasi karet alam (*Latex*). Dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *VMA* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

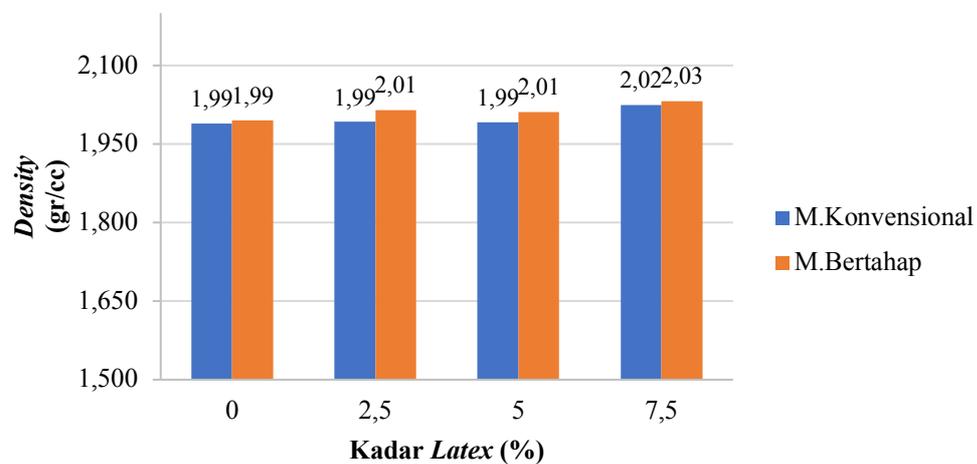
Campuran Porus 10 mm berbahan ikat modifikasi aspal *latex* dalam grafik pada Gambar 5.14 di atas menunjukkan nilai *VMA* mengalami penurunan tidak signifikan seiring bertambahnya kadar karet alam (*latex*). Penurunan nilai *VMA* diakibatkan karena semakin banyak kadar *Latex* yang digunakan akan mengakibatkan bahan ikat semakin lembek dan memudahkan mengisi pori antar agregat dalam campuran dan menjadikan rongga antar agregat semakin kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian Wijaya (2016) seiring bertambahnya lateks nilai *VMA* menurun, hal tersebut menunjukkan bahwa rongga dalam campuran aspal semakin mengecil sehingga dapat mencegah terjadinya pelapukan atau getas.

Berdasarkan Gambar 5.14 di atas juga dapat diketahui bahwa Campuran Porus 10 mm berbahan ikat modifikasi aspal dengan menggunakan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *VMA* lebih kecil namun tidak signifikan dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Sejalan dengan penelitian Hidayat (2021) dimana nilai *VMA* untuk metode campuran dua fase lebih rendah dibandingkan dengan metode pencampuran konvensional. Dan penelitian Kok dan Kologlu (2011) yang menyatakan penggunaan metode

dua fase mampu meningkatkan ikatan adhesi pada campuran beraspal, sehingga kemampuan mengikat suatu campuran menjadi tinggi.

4. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai Kepadatan (*Density*)

Hasil perhitungan nilai *Density* perbandingan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap menggunakan bahan ikat aspal modifikasi karet alam (*Latex*). Dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



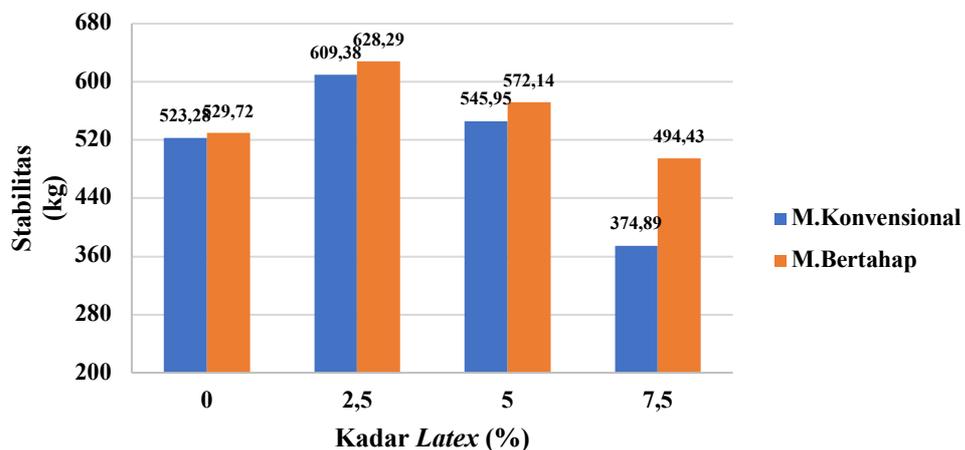
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *Density* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Pada Gambar 5.17 di atas menunjukkan grafik Campuran Porus 10 mm berbahan ikat modifikasi aspal dengan menggunakan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *Density* metode lebih baik namun tidak signifikan dibanding metode pencampuran konvensional. Hal ini sejalan dengan Hidayat (2021) yang menyatakan nilai *Density* campuran aspal dengan menggunakan metode pencampuran dua tahap lebih tinggi dibanding metode pencampuran konvensional, dimana jumlah rongga antar butiran mengecil sehingga kepadatannya semakin meningkat.

Berdasarkan Gambar 5.17 terlihat juga nilai *Density* mengalami kenaikan tidak signifikan seiring bertambahnya kadar karet alam (*latex*). karena fungsi bahan tambah *Latex* membuat pelapisan pengikat aspal yang efisien pada permukaan agregat, sifat ini memungkinkan pengikat untuk dengan mudah melapisi agregat dan campuran menjadi lebih padat pada suhu campuran yang lebih rendah.. Sejalan dengan penelitian Wijaya (2016) dimana kepadatan aspal semakin meningkat seiring penambahan kadar *Latex*, hal tersebut menunjukkan bahwa ikatan yang diberikan lateks mampu memberi kepadatan yang lebih baik karena sifat lekatnya yang baik.

5. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Satability*

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh grafik perbandingan nilai Stabilitas terhadap metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap menggunakan bahan ikat aspal modifikasi karet alam (*Latex*). Dilihat pada Gambar 5.17.



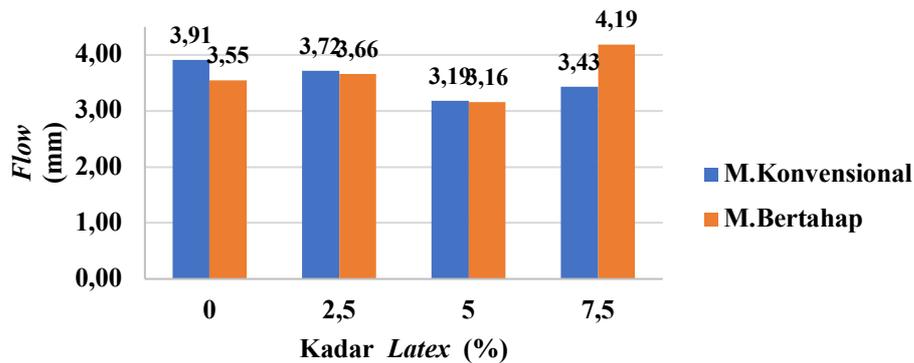
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai Stabilitas Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Berdasarkan Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa Campuran Porus 10 mm berbahan ikat modifikasi aspal dengan menggunakan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai stabilitas lebih baik dibanding metode pencampuran konvensional. Hal tersebut menunjukkan bahwa pencampuran bertahap mampu meningkatkan nilai stabilitas pada campuran, sehingga campuran memiliki kemampuan lebih tinggi dalam menerima beban lalu lintas tanpa perubahan bentuk, seperti gelombang, alur atau *bleeding*. Sejalan dengan Hidayat (2021) dimana penelitian menggunakan metode pencampuran dua fase menghasilkan nilai stabilitas lebih baik. Pernyataan Kok dan Kuloglu (2011) Nilai stabilitas yang tinggi terjadi karena interlocking yang baik pada agregat kasar saat proses pencampuran dua fase.

Gambar 5.17 Nilai Stabilitas Campuran Porus 10 mm berbahan ikat modifikasi *Latex* berbahan ikat aspal modifikasi *latex* menghasilkan nilai stabilitas naik pada kadar 2,5% lateks dan kembali turun pada kadar 7,5% lateks. Sedikit berbeda dengan penelitian Rahmawati dan Hidayat (2021) dimana campuran aspal porus dengan menggunakan bahan ikat aspal modifikasi *Latex* yang mengalami peningkatan pada kadar 3% lateks dan turun pada kadar 7,5% lateks.

6. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Flow*

Nilai *flow* dipengaruhi oleh menyatakan besarnya penurunan campuran akibat beban vertikal hingga batas runtuh. Nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.18.



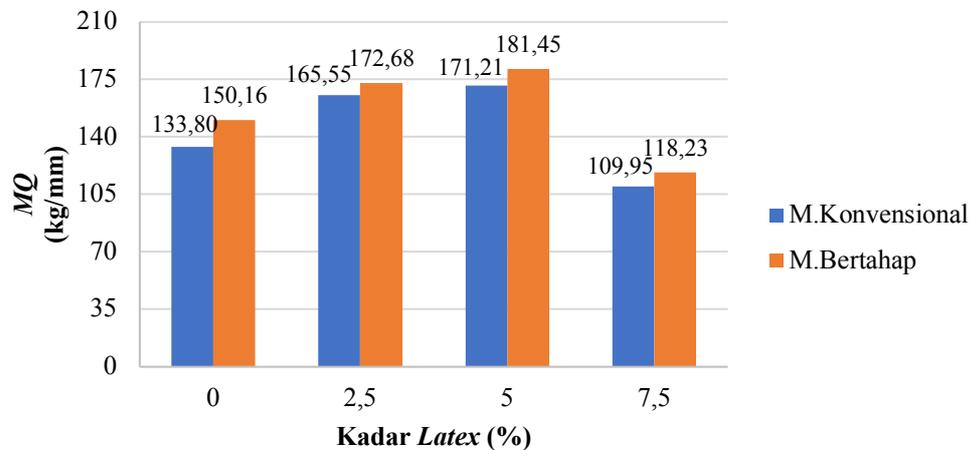
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *Flow* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Berdasarkan Gambar 5.18 Berdasarkan hasil pengujian nilai *flow* campuran aspal porous dengan penambahan lateks 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% yaitu sebesar 3,68 mm, 3,73 mm, 3,25 mm dan 4,20 mm hal tersebut memenuhi spesifikasi *AAPA* 2004 yaitu 2 - 6 mm. dari hasil tersebut cenderung mengalami peningkatan signifikan. Hal ini disebabkan aspal *Latex* memiliki campuran menjadi lebih lentur pada temperatur yang tinggi, proses tersebut terjadi karena bahan ikat yang dimodifikasi mempunyai nilai kekakuan kecil. Sejalan dengan penelitian Rahmawati dan Hidayat (2021) dimana campuran aspal *Porous* menggunakan bahan ikat modifikasi *Latex* mengalami peningkatan hingga kadar 7% *Latex*.

Gambar 5.18 pada grafik tersebut juga menunjukkan nilai *flow* pada metode pencampuran bertahap lebih rendah namun tidak signifikan dibanding metode pencampuran konvensional. Menunjukkan kecil rongga pada metode pencampuran bertahap, sehingga daya ikat antar agregat dan aspal menjadi lebih baik dan lebih kaku. Hesami (2015) hasil penelitiannya menyatakan perubahan tahapan proses pencampuran mampu meningkatkan aspal menjadi lebih kaku.

7. Analisis Pengaruh Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap Terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient (MQ)* bertujuan untuk menunjukkan tingkat fleksibilitas campuran. Nilai *MQ* diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dan *flow*. Terlihat pada **Gambar 5.19** berikut



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *MQ* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

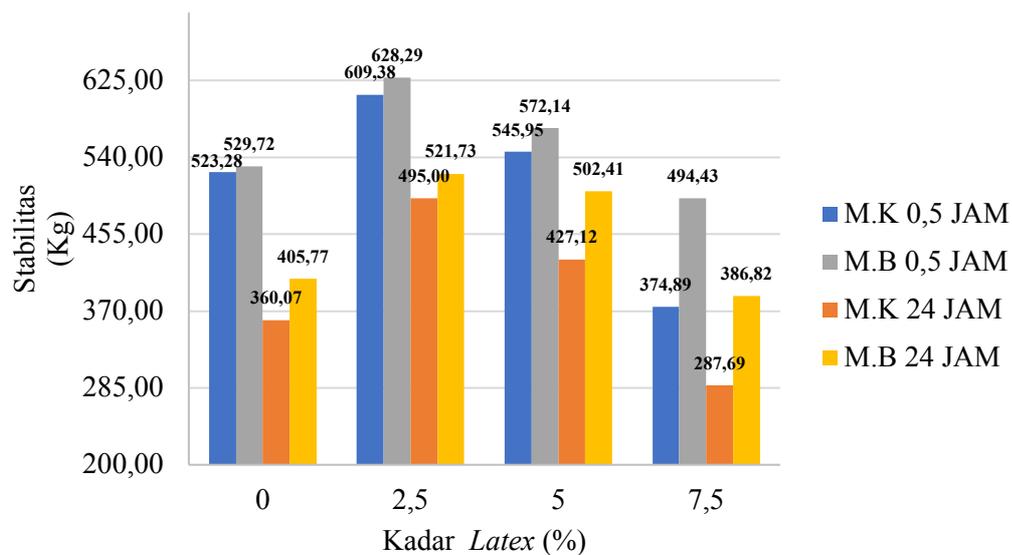
Dari Gambar 5.19 diatas nilai *MQ* dengan menggunakan metode pencampuran bertahap memiliki nilai yang signifikan lebih baik namun tidak signifikan dibanding metode pencampuran konvensional. Hal ini berarti penggunaan metode pencampuran bertahap mampu meningkatkan ketahanan terhadap beban berat, bersifat kaku dan tidak mudah mengalami deformasi plastis sehingga baik digunakan untuk jalan raya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Kok dan Kuloglu (2011) yang cenderung mengalami peningkatan dengan menggunakan metode pencampuran dua fase.

Gambar 5.19 juga terlihat grafik nilai *MQ* pada campuran aspal *Porous* 10 mm mengalami peningkatan hingga 5% kadar lateks. Yang disebabkan oleh tingginya nilai stabilitas dan *flow*, yang membuat campuran memiliki kemampuan menahan ketahanan leleh plastis dan tahan geser. Hal ini sejalan dengan penelitian Wijaya (2016) dimana penggunaan *Latex* pada campuran aspal mampu meningkatkan nilai *MQ* seiring penambahan kadar lateks dan juga memenuhi persyaratan.

5.2.6 Pengaruh Metode Pencampuran Bertahap dan Konvensional Terhadap Karakteristik *Immersion Test* Pada Campuran *Porous* Menggunakan Aspal Modifikasi

1. Stabilitas Rendaman

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat adanya perubahan suhu cuaca dan air. Proses perendaman, untuk mengetahui kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) yang dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Perendaman yang dilakukan yaitu di dalam *waterbath* selama 0,5 jam dan 24 jam pada suhu 60°C. Nilai *Index of Retained* dapat dilihat seperti pada Gambar 5.20



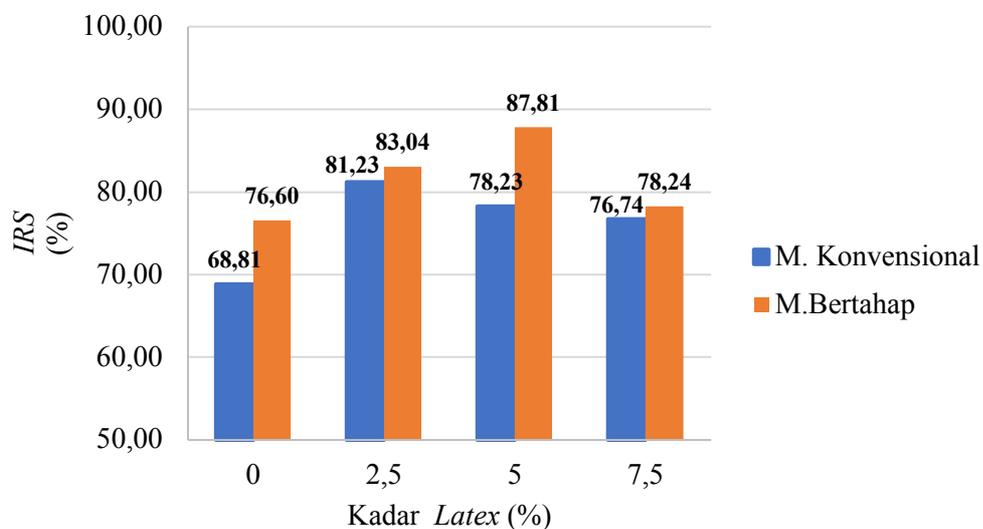
Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *Stabilitas* Lama Rendaman *Waterbath* 24 jam

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 diatas campuran *Porous* 10 mm dengan bahan ikat modifikasi *Latex* pada rendaman *waterbath* selama 24 jam lebih rendah dibandingkan rendaman *waterbath* selama 0,5 jam. hal tersebut disebabkan pada proses perendaman 24 jam di *waterbath* membuat air akan mengisi pori-pori

campuran sehingga ikatan antara aspal dan agregat berkurang. Nilai stabilitas rendaman pada penggunaan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi signifikan dibandingkan metode pencampuran konvensional. Hal ini sejalan dengan penelitian Hidayat (2021) dimana nilai stabilitas metode pencampuran dua fase lebih rendah dari metode pencampuran konvensional. Hal ini akibat proses pencampuran bertahap, dimana agregat kasar dilapisi terlebih dahulu sehingga pori-pori campuran terisi oleh aspal dan membuat selimut aspal menjadi tebal.

2. *Index of Retained Strength (IRS)*

Nilai *IRS* adalah perbandingan dari hasil perendaman yang dilakukan yaitu di dalam *waterbath* selama 0,5 jam, 24 jam pada suhu 60°C. Adapun grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 5.21**



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Kadar Latex Terhadap Nilai *IRS* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

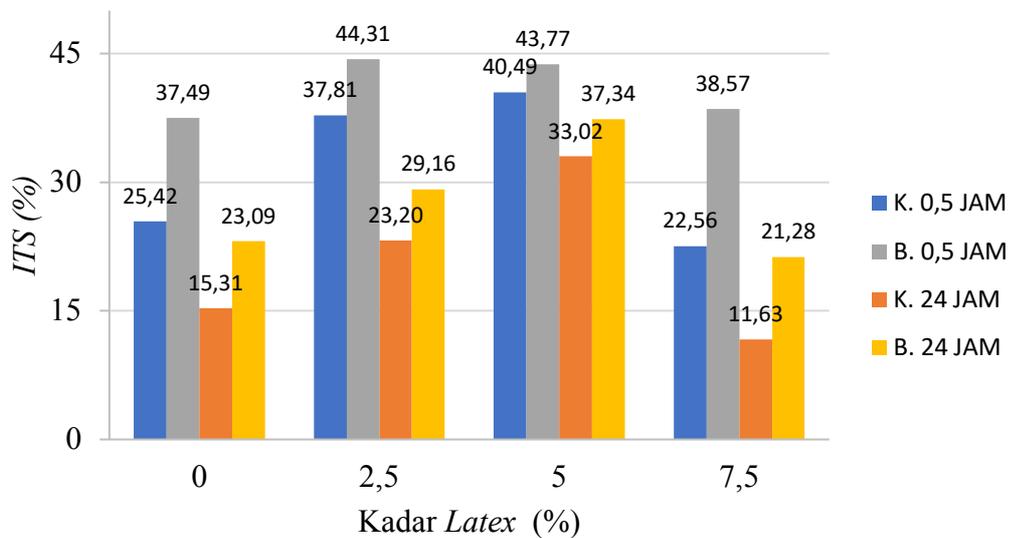
Pada Gambar 5.21 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* penggunaan metode pencampuran bertahap lebih rendah dari metode pencampuran konvensional.

Penggunaan metode pencampuran bertahap mampu meningkatkan nilai *IRS* dengan bahan ikat modifikasi *Latex* pada campuran *Porous* 10 mm sehingga mampu meningkatkan durabilitas campuran aspal. Sejalan dengan penelitian Hidayat (2021) dimana nilai *IRS* menggunakan metode pencampuran bertahap lebih baik dibanding metode pencampuran konvensional, sehingga proses pelapisan awal agregat kasar dengan aspal dapat meningkatkan keawetan aspal terhadap pengaruh cuaca, iklim atau perubahan suhu.

Dan Gambar 5.21 Nilai *IRS* pada campuran berbahan ikat modifikasi *Latex* peningkatan signifikan seiring penambahan kadar *Latex* . Hal tersebut disebabkan oleh Keberadaan serpihan karet alam yang homogen dengan aspal sehingga mengisi ruang pori campura membuat selimut perkerasan semakin tebal dan air sulit untuk merusak campuran perkerasan. Sejalan dengan Mawarni (2019) yang menyatakan campuran menggunakan aspal karet memiliki nilai *IRS* lebih tinggi dibanding campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70 sehingga campuran tahan terhadap rendaman dan perubahan cuaca.

5.2.7 Karakteristik *Indirect Tensile Strenght (ITS)* Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal *Latex* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional

Nilai *ITS* merupakan pengujian untuk mengetahui besar gaya tarik yang mampu ditahan oleh campuran aspal beton. Dari hasil pengujian ini kita dapat apabila terjadinya retak atau kerusakan pada perkerasan. Terlihat pada Gambar 5.22



Gambar 5. 22 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *ITS* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

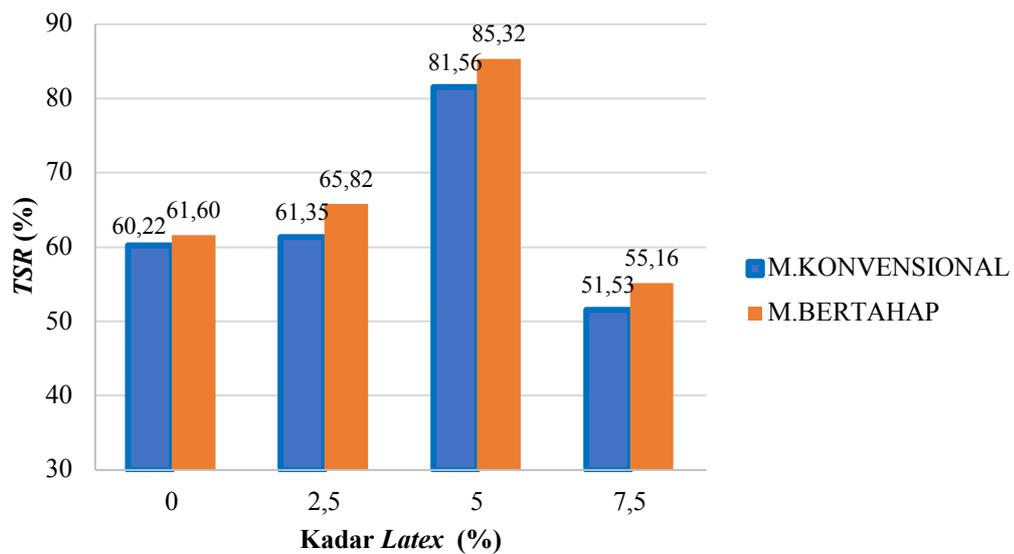
Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 5.22 campuran Porus 10 mm dengan bahan ikat aspal modifikasi *Latex* dengan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *ITS condition* dan *ITS uncondition* lebih baik signifikan dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional. Menurut penelitian Hasemi, dkk (2015) yang menyatakan bahwa efek system metode pencampuran dua fase lebih menonjol dan dapat meningkatkan nilai kuat tarik tidak langsung. serta dapat mengurangi kemungkinan terjadinya keretakan yang tinggi. Sejalan dengan penelitian Hidayat (2021) tentang penggunaan metode pencampuran dua tahap menghasilkan nilai *ITS condition* dan *ITS uncondition* lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode pencampuran konvensional.

Pada Gambar 5.22 diatas Campuran Porus 10 mm berbahan ikat aspal modifikasi *Latex* nilai *ITS condition* dan *ITS uncondition* mengalami kenaikan signifikan pada 5% kadar *latex* dan kembali turun di 7,5% kadar *latex*. Hal ini disebabkan karena rendahnya nilai penetrasi dan tingginya nilai titik lembek pada aspal modifikasi *Latex* berarti bahwa aspal karet menjadi semakin keras, serta tahan

terhadap perubahan suhu. Sejalan dengan Ramadhan (2022) yang menyatakan campuran *Porous* menggunakan modifikasi aspal mengalami peningkatan nilai *ITS*.

5.2.8 Karakteristik *Tensile Strenght Ratio (TSR)* Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal *Latex* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional

TSR adalah hasil perbandingan nilai *ITS* standar dengan nilai *ITS* rendaman dinyatakan dalam persen (%). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh air terhadap potensi retakan (*fatigue*) dan alur (*rutting*) dengan melakukan pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran aspal. Adapun hasil perhitungan *TSR* 24 jam adalah dapat dilihat pada Gambar 5.23



Gambar 5. 23 Grafik Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *TSR* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

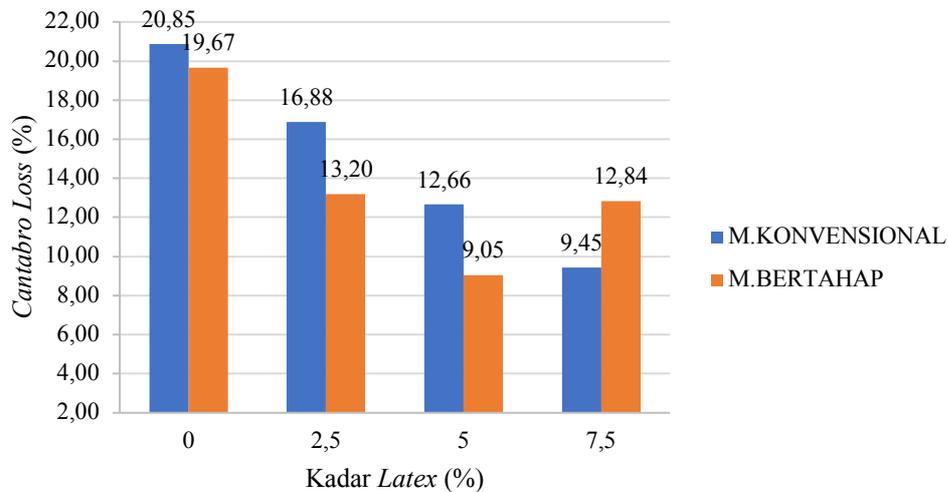
Berdasarkan grafik perbandingan pada Gambar 5.23 terlihat campuran Porus 10 mm dengan bahan ikat aspal modifikasi *Latex* dengan metode pencampuran bertahap menghasilkan nilai *TSR* yang lebih baik namun tidak signifikan dibanding metode konvensional. sejalan dengan penelitian Hidayat

(2021) mengatakan bahwa nilai *TSR* menggunakan metode pencampuran dua tahap mengalami peningkatan dibanding metode pencampuran konvensional, hal tersebut mampu mengurangi terjadinya keretakan akibat kegagalan gaya tarik terhadap pengaruh cuaca, iklim atau perubahan suhu. Penelitian ini sejalan dengan Kok dan Kologlu (2011) menyatakan metode pencampuran dua fase mampu meningkatkan pelekatan aspal pada permukaan agregat sehingga campuran ini tahan terhadap pengaruh air dan suhu.

Pada Gambar 5.23 juga dilihat bahwa penggunaan aspal modifikasi *Latex* pada campuran *Porous* 10 mm memiliki perbedaan nilai *TSR* bertambah hingga 5% kadar *Latex* dan kembali turun 7,5% kadar *Latex*. Sejalan dengan penelitian Mariska (2021) penggunaan modifikasi aspal terhadap campuran *Porous* pada batas tertentu mampu menyebabkan campuran lebih peka terhadap perubahan temperature. Ramadhan (2022) menyatakan bahwa penggunaan modifikasi aspal pada campuran *Porous* mampu meningkatkan nilai *TSR* namun tidak memenuhi spesifikasi *Asphalt Institute* mensyaratkan nilai *TSR* sebesar >80%. Nilai ini juga masih belum bisa memenuhi spesifikasi.

5.2.9 Karakteristik *Cantabro Loss* Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal *Latex* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional

Cantabro Loss ini bertujuan mengetahui tingkat ketahanan campuran terhadap kehilangan berat atau keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hal ini dapat dijadikan sebagai ukuran ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh beban lalu lintas yang akan menyebabkan perkerasan menjadi aus dan mengalami penurunan kekuatan. Berikut hasil ditunjukkan pada Gambar 5.24



Gambar 5. 24 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *Cantabro Loss* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

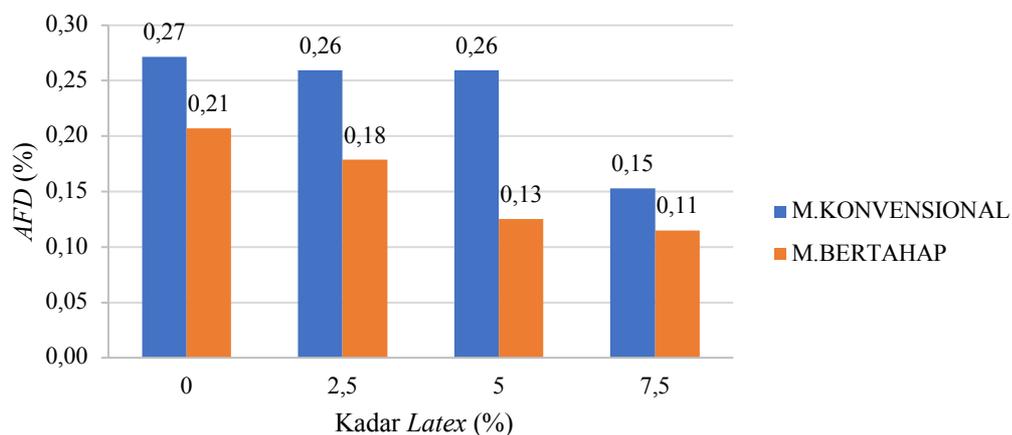
Dari grafik pada gambar 5.24 dilihat bahwa persentasi perbandingan nilai *Cantabro Loss* dengan penggunaan metode pencampuran bertahap pada campuran Porus 10mm berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal *Latex* secara signifikan lebih rendah daripada penggunaan metode pencampuran konvensional. Menurut Hidayat (2021) dilihat dari nilai *ITS* metode pencampuran dua tahap lebih tinggi dari metode pencampuran konvensional yang berarti campuran dengan metode pencampuran dua tahap menghasilkan kemampuan daya dukung dan daya lekat yang lebih baik sehingga dapat memperlambat pengelupasan aspal dari campuran akibat dari beban lalu lintas. Penelitian ini sejalan dengan Yaro (2021) yang menyatakan proses yang berurutan memiliki persentase kehilangan bahan yang lebih rendah daripada yang diproduksi menggunakan proses konvensional, dimana proses pencampuran berurutan lebih tahan abrasi.

Gambar 5.24 juga menunjukkan penggunaan kadar *Latex* pada campuran *Porous* 10 mm mampu menurunkan nilai *Cantabro Loss* signifikan hingga batas tertentu. Dan memenuhi spesifikasi *AAPA* 2004 yaitu <35%. Hal ini sejalan dengan penelitian Mawarni (2019) yang menyatakan campuran dengan bahan ikat aspal karet lebih tahan terhadap benturan atau abrasi dibanding campuran dengan bahan

ikat Pen 60/70. Dan penelitian Ramadhan (2022) penggunaan aditif pada campuran aspal *Porous* mampu menurunkan nilai *Cantabro Loss* yang membuat kelekatan aspal dan agregat menjadi kuat dan tidak mudah lepas.

5.2.10 Karakteristik *Asphalt Flow Down (AFD)* Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal *Latex* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang tercampur secara homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal. Adapun hasil pengujian pada Gambar 5.25



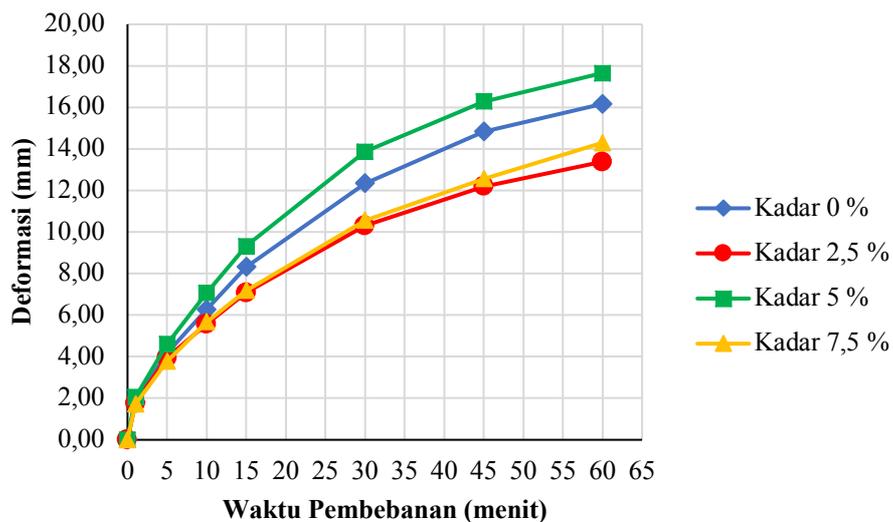
Gambar 5. 25 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai *AFD* Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Dari Gambar 5.25 Nilai *AFD* campuran aspal *Porous* menggunakan metode pencampuran bertahap menunjukkan signifikan menurun dibanding menggunakan metode pencampuran konvensional. dan Nilai *AFD* campuran *Porous* menggunakan bahan ikat modifikasi *Latex* juga mengalami penurunan signifikan seiring penambahan kadar *Latex*. Memenuhi spesifikasi *AAPA* 2004 yaitu $<0,3$ %, karena pada batas tersebut homogenitas yang dimiliki campuran aspal dengan penambahan *Latex* akan mudah tercampur dengan baik pada campuran aspal porous. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2022) penggunaan bahan aditif pada campuran

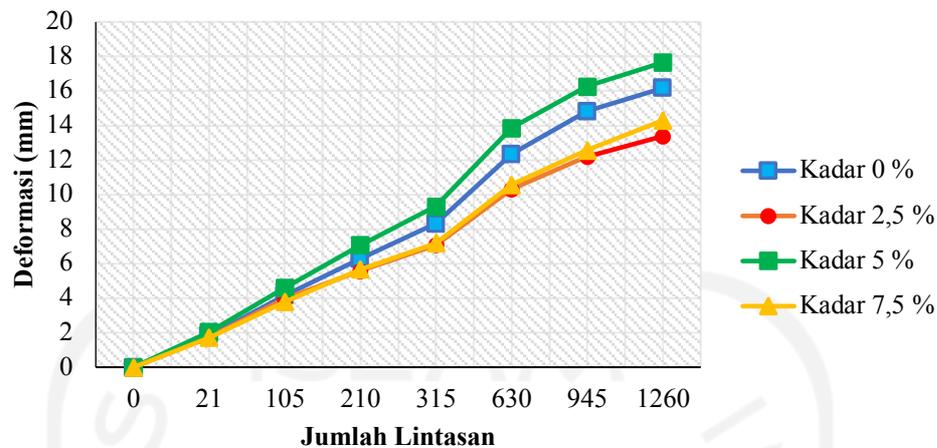
Porous meningkatkan sifat kohesi pada aspal, sehingga walaupun film aspal pada agregat cukup tebal, ikatan antar aspal juga akan tetap kuat.

5.2.11 Karakteristik *Wheel Tracking Machine (WTM)* Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Ikat Modifikasi Aspal *Latex* Menggunakan Metode Pencampuran Bertahap Dan Konvensional

Pengujian dengan *Wheel Tracking Machine (WTM)* berguna untuk mendapatkan hasil pengujian terhadap deformasi permanen yang dipandang dapat mensimulasikan kondisi lapangan yang terjadi pada perkerasan akibat lintasan kendaraan. Adapun hasil pengujian *Wheel Tracking* seperti pada Gambar 5.26 sampai Gambar 5.31

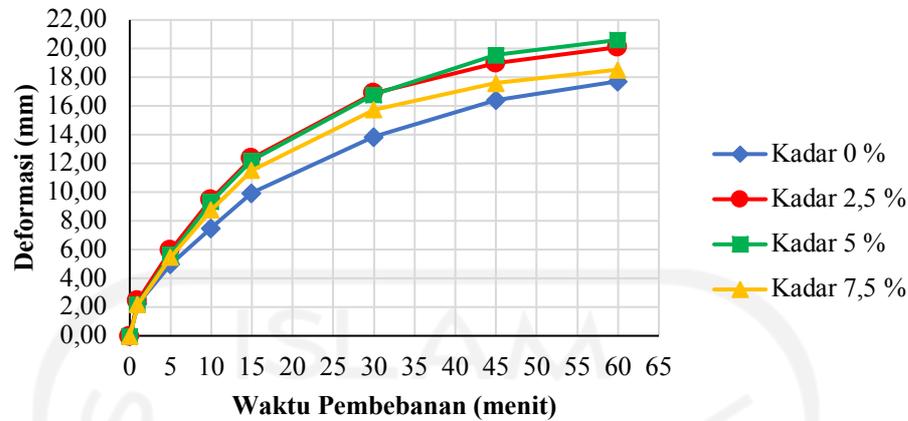


Gambar 5.26 Grafik Penambahan *Latex* dengan Waktu Pembebanan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Konvensional

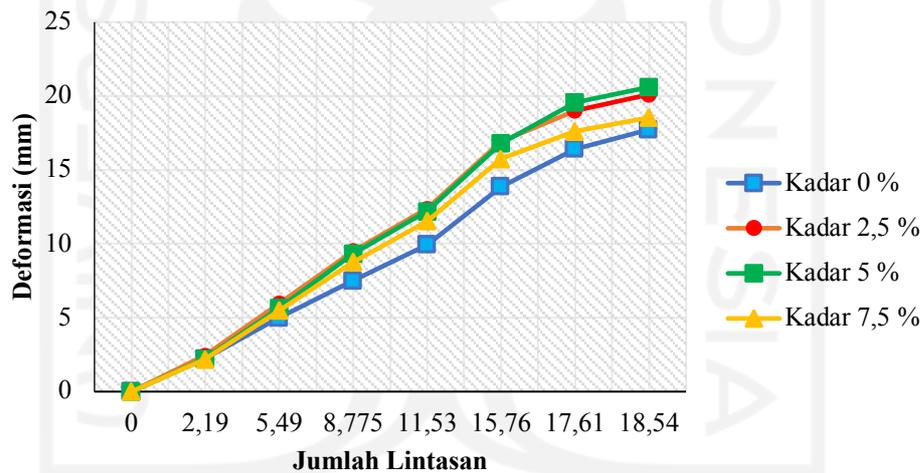


Gambar 5.27 Grafik Penambahan *Latex* dengan Jumlah Lintasan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Konvensional

Berdasarkan Gambar 5.26 sampai Gambar 5.27 dapat dijelaskan nilai deformasi terendah hingga tertinggi secara berurutan yaitu pada campuran aspal porus dengan kadar *Latex* 2,5%, 7,5%, 0% dan 5% dengan masing-masing nilai deformasi sebesar 13,37 mm, 14,30 mm, 16,17 mm dan 17,66 mm. bila dibandingkan deformasi yang terjadi pada campuran aspal porus kadar 0% sebagai kontrol. Berdasarkan Gambar 5.26 dan Gambar 5.27 terlihat jelas jika campuran aspal porus dengan kadar 2,5% mempunyai hasil deformasi yang paling kecil yaitu 13,37 mm dengan demikian campuran aspal porus kadar aditif 2,5% mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi dibandingkan campuran aspal porus dengan kadar 0%, 5% dan 7%. Ini menunjukkan fungsi *Latex* yang mudah larut dalam aspal dan meningkatkan kerekatan antar aspal dan agregat sehingga ketika dibebani berulang tidak mudah mengalami penurunan (deformasi). sejalan dengan Marizka (2020) menggunakan campuran Porus dengan kadar *Rediset LQ-1106* 0%, 3%, 2% dan yang tertinggi pada kadar 1% dengan masing-masing nilai deformasi sebesar 16,59 mm, 16,05 mm, 14,72 mm dan 11,87 mm. Hal tersebut dikarenakan fungsi *Rediset LQ-1106* yang mudah larut dalam aspal memberikan lapisan kimia untuk meningkatkan kerekatan aspal dengan permukaan agregat sehingga ketika dibebani berulang tidak mudah mengalami penurunan (deformasi).



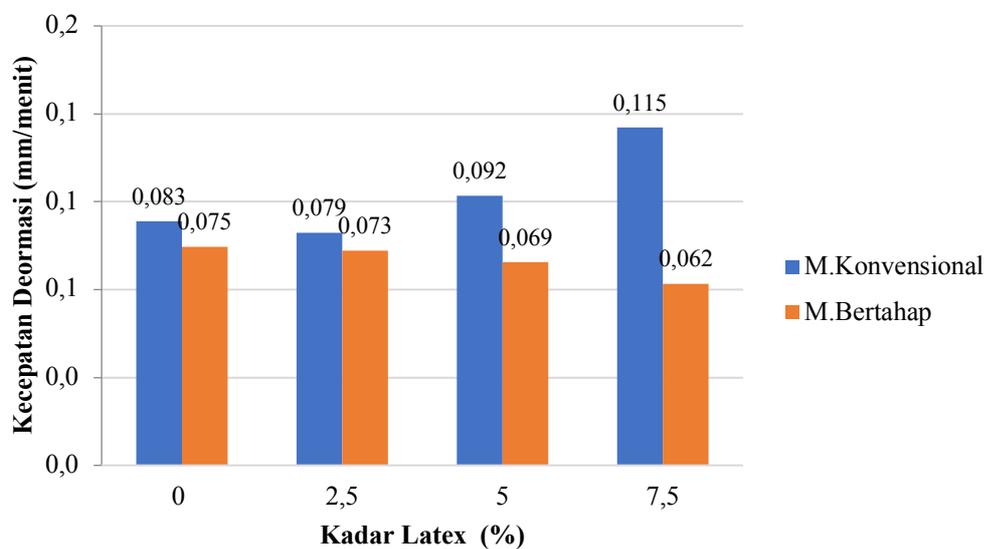
Gambar 5.28 Grafik Penambahan *Latex* dengan Waktu Pembebanan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Bertahap



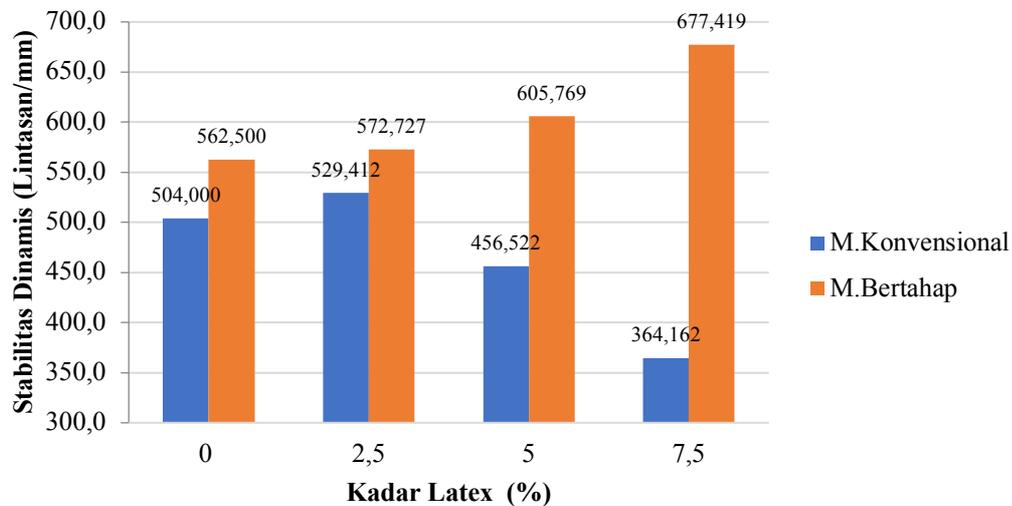
Gambar 5.29 Grafik Penambahan *Latex* dengan Jumlah Lintasan dan Deformasi pada Campuran Aspal Porus Metode Pencampuran Bertahap

Berdasarkan Gambar 5.28 sampai Gambar 5.29 dapat dijelaskan bahwa semakin besar kadar *Latex*, jumlah lintasan berulang dan lamanya waktu pembebanan yang dilakukan akan meningkatkan nilai deformasi campuran aspal porus. Nilai deformasi terendah hingga tertinggi secara berurutan yaitu pada campuran aspal porus dengan kadar *Latex* 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% dengan masing-

masing nilai deformasi sebesar 17,73 mm, 20,11 mm, 20,61 mm dan 18,54 mm. Pada campuran aspal porus nilai deformasi akan naik seiring dengan penambahan kadar aditif *Latex*, bila dibandingkan dengan nilai deformasi yang terjadi pada campuran aspal porus kadar *Latex* 0% sebagai kontrol. Ramadhan (2022) melakukan pengujian *wheel tracking* menggunakan campuran aspal porus dengan kadar *Gilsonite* 0%, 1%, 2% dan 3% dengan masing- masing nilai deformasi sebesar 15,50 mm, 14,10 mm, 10,59 mm dan 8,81 mm. Pada campuran aspal porus nilai deformasi akan menurun seiring dengan penambahan kadar aditif *Gilsonite*, bila dibandingkan dengan nilai deformasi yang terjadi pada campuran aspal porus kadar *Gilsonite* 0% sebagai kontrol. Sehingga kadar aditif 3% mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi dibandingkan campuran aspal porus dengan kadar 0%, 1% dan 2%. Hal itu disebabkan fungsi *Gilsonite* dapat meningkatkan kelekatan pada aspal dengan permukaan agregat sehingga ketika diberi beban secara berulang tidak akan mudah mengalami deformasi.



Gambar 5.30 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai Kecepatan Deformasi Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap



Gambar 5.31 Grafik Hubungan Kadar *Latex* Terhadap Nilai Stabilitas Dinamis Dengan Metode Pencampuran Konvensional dan Bertahap

Berdasarkan Gambar 5.30 dan Gambar 5.31 dapat dijelaskan bahwa berdasarkan hasil pengujian *Wheel Tracking Machine* dengan suhu 60°C, penggunaan *Latex* pada campuran *Porous* menggunakan metode pencampuran konvensional mengalami peningkatan kecepatan deformasi seiring penambahan kadar *latex* dan nilai stabilitas dinamis naik hanya pada kadar *Latex* 2,5% dan kembali turun seiring penambahan kadar *Latex*. Sejalan dengan Mariska (2021) dimana penggunaan aditif pada campuran aspal porus hanya mampu mengalami peningkatan nilai stabilitas dinamis pada kadar 1% *Radiset LQ-1106* kemudian kembali menurun seiring penambahan aditif aspal. Huang dkk (2010) melakukan pengujian abrasi permukaan dengan nilai penurunan berat berkisar 0,2%- 0,5% (11-12 g) nilai kehilangan berat pada pengujian tersebut menunjukkan seberapa besar partikel agregat kecil yang terkelupas akibat beban roda, besar nilai area abrasi terkecil 53,5 cm² dalam periode waktu 6 menit. Hal ini berarti penggunaan agregat ukuran kecil, penambahan lateks dan serat karet dapat meningkatkan ketahanan abrasi dan kekuatan tekan pada campuran *Portland cement pervious concrete (PCPC)*.

Adapun penggunaan *Latex* pada campuran *Porous* menggunakan metode pencampuran bertahap yang mengalami penurunan signifikan nilai kecepatan deformasi seiring penambahan kadar *latex* dan nilai stabilitas dinamis cenderung

mengalami kenaikan signifikan hingga 7,5% kadar *latex*. Sejalan dengan Siswanto (2017) melakukan pengujian *wheel tracking* dalam kondisi suhu 60°C menggunakan campuran ACWC modifikasi *Latex* dimana terjadi penurunan dengan nilai 9,73 mm, 7, 89 mm, 6,84 mm, dan 6,20 mm dengan urutan penambahan 0%, 2%, 4% dan 6% kadar *latex*. Dimana nilai stabilitas dinamis (*DS*) 13,1%, 38,61%, 53,48% dari 2%, 4%, dan 6% kadar *latex*, dan nilai kecepatan deformasi (*RD*) 11,52%, 27,92%, dan 34,9%. Percobaan tersebut menunjukkan bahwa 6% kadar *latex* memiliki ketahanan deformasi yang paling baik.

Berdasarkan penjelasan diatas menunjukkan bahwa proses pencampuran meenggunakan metode bertahap mempunyai kemampuan mencegah terjadinya deformasi semakin besar dan agregat mampu mempertahankan posisinya dimana memiliki sifat saling mengunci (*interlock*) yang baik, dibanding meenggunakan metode konvensional.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh kadar karet alam terhadap karakteristik aspal porous dengan metode pencampuran bertahap dan konvensional dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan karet alam sebagai bahan tambah untuk mengetahui ketahanan (*durability*) campuran aspal porous, dapat dilihat dari nilai *IRS*, dan *TSR* yang mengalami peningkatan hingga kadar 5% karet alam, dimana menunjukkan bahwa campuran aspal kedap air dan tahan akibat perendaman *waterbath* dimana mengalami perubahan suhu, cuaca dan perubahan iklim. Adapun nilai *flow*, *VIM*, *VMA*, *density*, *Cantabro* dan *AFD* sedangkan nilai stabilitas, *MQ*, *VFWA* dan *ITS* yang mengalami peningkatan, yang berarti bahwa penambahan karet alam pada campuran aspal porous mudah tercampur, hal tersebut membuat nilai rongga pada campuran semakin mengecil, fungsi porous yang menyalurkan air menjadi kehilangan karakteristiknya, namun jika campuran cenderung lebih rapat, maka campuran tersebut tahan terhadap daya bentur, nilai gaya tarik meningkat dan mengurangi potensi kegagalan akibat beban lalu lintas.
2. Perbandingan metode pencampuran konvensional dan pencampuran terhadap ketahanan (*durability*) pada campuran aspal *Porous* menunjukkan nilai *IRS* dan *TSR* menggunakan metode pencampuran bertahap lebih baik dibanding metode pencampuran konvensional, dimana pelapisan awal agregat kasar dengan aspal mampu membuat aspal menembus ke *microvoid* agregat kasar, pori-pori campuran terisi oleh aspal membuat selimut aspal menjadi tebal dan mengurangi kelembaban agregat dan campuran menjadi sulit rusak. Sehingga pada perendaman *waterbath* campuran porous mampu bertahan akibat pengaruh perubahan suhu, cuaca dan iklim. Adapun Nilai *flow*, *VIM*, *cantabro* dan *AFD*

metode pencampuran bertahap lebih rendah dibanding metode pencampuran konvensional dan nilai nilai stabilitas, *MQ*, *VFWA* dan *ITS* metode pencampuran bertahap lebih baik dibanding metode pencampuran konvensional. Menunjukkan campuran porus metode pencampuran bertahap lebih tidak berongga sehingga daya dukung, daya lekat, kuat tarik sangat baik dibanding metode pencampuran konvensional dan mampu memperlambat pengelupasan aspal dari campuran serta tahan terhadap daya bentur.

3. Berdasarkan hasil pengujian *Wheel Tracking* campuran *Porous* 10 mm berbahan ikat aspal modifikasi *Latex* menggunakan metode pencampuran konvensional menghasilkan nilai stabilitas dinamis meningkat pada kadar *Latex* 2,5% sedangkan menggunakan metode pencampuran bertahap nilai stabilitas dinamis meningkat hingga kadar *Latex* 7,5%. Hal ini berarti penggunaan metode pencampuran bertahap memiliki sifat saling mengunci (*interlock*) yang baik, sehingga dapat mencegah terjadinya deformasi.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan *Latex* sebagai bahan tambah campuran aspal porus dengan bahan ikat aspal pen 60/70 menggunakan metode pencampuran konvensional dan metode pencampuran bertahap, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan uji coba penggunaan campuran aspal porus dengan penambahan *Latex* ini pada ruas jalan di Indonesia, khususnya pada wilayah yang memiliki curah hujan yang tinggi sebagai lapisan atas (*surface*), karena memiliki sifat fungsional (non struktural) yaitu untuk mengalirkan air melalui rongga-rongga sebagai sistem drainase serta didukung dengan struktur yang lebih baik.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan pada penambahan variasi kadar aditif *Latex*.
3. Perlu pengujian Permeabilitas campuran aspal Porus 10 mm seberapa kedap campuran beton aspal atau tingkat kerapatan suatu perkerasan untuk dapat ditembus oleh air.

4. Perlu penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik campuran beraspal dengan campuran gradasi lain sebagai pembanding tambahan pada penggunaan metode pencampuran bertahap.
5. Perlu penelitian lebih lanjut dengan jenis aspal lain sebagai pembanding tambahan pada penggunaan metode pencampuran bertahap.



DAFTAR PUSTAKA

- AAPA. Australian Asphalt Pavement Association. 2004. Open Graded Asphalt Design Guide, Australian.*
- AASHTO T 305-14. (n.d.). Standar Method of Test for Determination of Draindown Characteristic in Uncompacted Asphalt Mixtures.*
- AASHTO, 1986. "Guide For Design of Pavement Structures." American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C.*
- Affan, M, 2006, Studi Peranan Rongga Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal Porus Akibat Penambahan Mortar. *Tesis*, Magister Teknik Sipil. Universitas Syiah Kuala.
- American Standar Testing and Material. 1969. D.1075-54 1969. Metode Pengujian Aspal. Jakarta.*
- American Society for Testing And Materials . (2015). ASTM C-131 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. West Conshohocken: ASTM International.*
- Amiruddin, Ibrahim, Sulianti, I., & Subrianto, A. (2018). Pemanfaatan material lokal dalam pembuatan aspal porus tipe AC- WC yang aman dan ramah lingkungan. *Jurnal Forum Mekanika*, 7(2), 59-67.
- Asphalt Institute. (1982). Research and Development of The Asphalt Institute's Thickness Design Manual.*
- Asphalt Institute. (2001). Construction of Hot Mix Asphalt Pavements, Manual Series No. 22 (MS-22). Second Edition, Lexington, USA.*
- Australian Asphalt Pavement Association. (2004). National Asphalt Specification.*
- Arlia, L., Saleh, S., M., Anggraini, R., 2018, Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Gondorukem pada Aspal Penetrasi 60/70, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, Volume 1 Special Issue, Nomor 3, Januari, 2018, pp. 657 – 666, Doi : 10.24815/jts.v1i3.10011.

- Aquina, H. (2014). Pengaruh Substitusi *Styrofoam* ke dalam Aspal Penetrasi 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus. *Tesis*. Magister Teknik Sipil. Universitas Syiah Kuala, D. I. Aceh.
- Diana I. W 1995, Aspal Porus, Fakultas Teknik, UNILA, Bandar Lampung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2004). Campuran Beraspal Panas Dengan Aspal Yang Dimodifikasi *Crumb Rubber* Atau Asbuton. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Djumari , S Joko, 2009. Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Local Dengan Metode Pemampatan Kering. Surakarta : Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil – UNS.
- Djakfar, L. H. Bowoputro, and Y. Zaika (2012). “*Effect of More Uniform Gradation on Permeability and Strength of Base Course for Porous Pavement.*” in *Proceeding of the 10th International Conference of EASTS*.Taipei, Taiwan, Sept 9 -12, 2013.
- Falderika. 2017. Evaluasi Modulus Resilien dan Deformasi Permanen Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Tambah *Buton Natural Asphalt (BNA)*. Tesis Tidak Dipublikasikan (M.T.).Bandung,Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung.
- Hesami E, Birgison B & Kringos N. 2015. *Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures*. *ransport Science, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 10049, Sweden; School of Engineering & Applied Science, Aston University, Birmingham B47ET, UK.*
- Huang B, Dong Q, Wu H, Shu X. 2010. *Development Of A Simple and Fat Test Methode For Measuring The Durability of Portland Cement Pevious Concrete*. *The University of Tennessee*.
- Japan Road Association*. (1980). *Manual For Design And Construction Of Asphalt Pavement*. Tokyo: JRA.
- J.G. Cabrera. and M.O. Hamzah, *Agregate Grading Design for Porous Asphalt, In Performance and Durability of Bituminous Materials*, E & FN Spon, 1996.

- Kennedy, T.W., 2000, *Characterization of Asphalt Pavement Material Using the Indirect Tensile Strength*, *Proceeding Association of Asphalt Paving Technology*, Volume 46, *Center for Transportation Research The University of Texas*, San Antonio, USA
- Kok B V dan Kologlu N, 2011. *Effects of Two-Phase Mixing Method on Mechanical Properties of Hot Mix Asphalt*. Firat University, Civil Engineering Department Elazig, Turkey.
- Kraemer, Carlos. 1997. *Porous Asphalt: Past and Present*. Madrid, *European Conference On Porous Asphalt*.
- Krebs, R.D. and R.D. Walker, (1971), *Highway Materials*, *McGraw-Hill Book Company*, New York, N.Y.
- Padilha Thives, L., Ghisi, E., Gherardt Brecht, D., & Menegasso Pires, D. (2018). *Filtering Capability of Porous Asphalt Pavements*, *Water*, 10(2), 1-17.
- Putri. 2019. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks (Getah Karet) Terhadap Durabilisasi Campuran Lapisan *Ashpalt Concrete- Binder Course*. Universitas Andalas. Padang.
- Manalu, P.G; Supiyan dan Desriantomy, 2016, Kajian Teknis Campuran Open Graded Aspalt (OGA) dengan Bahan Tambah Getah Karet (Latex) Berdasarkan Kadar Aspal dan Suhu Rendaman.
- Mawarni, O. S. T. 2019, Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Karakteristik Aspal Porus dengan Dan Tanpa Penambahan Limbah Karet. *Jurnal Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Mariska, E. 2021. Studi Kerja Campuran Aspal Porus dengan Penambahan Bahan *Additive Rediset LQ-1106*. *Jurnal Tesis*. Universitas Islam Indonesia.
- Nursandah F; Zaenuri M, 2019, Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) pada Campuran Laston AC-WC terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Civil Vol 4 No 2*, Universitas Kediri.
- Padilha Thives, L., Ghisi, E., Gherardt Brecht, D., & Menegasso Pires, D. (2018). *Filtering Capability of Porous Asphalt Pavements*, *Water*.

- Putri D. A. 2019. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks (Getah Karet) Terhadap Durabilisasi Campuran Lapisan *Ashpalt Concrete- Binder Course (AC-BC)* Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.
- Qiang Z. 2020. *Effect of Grading Tipe on The Performance of Warm-Mix Rubber-Asphalt Mixture*. GuangDong construction vocational technology institute, Guangzhou, Guangdong, 510440, China.
- Ramadhan M A. 2022. Kajian Kinerja Aspal Porus Dengan Menggunakan Gilsonite Additive. Jurnal Tesis. Universitas Islam Indonesia.
- Rizki A. 2018. Pengaruh *Lalex* Terhadap Parameter Marshall Campuran Aspal *Porous* Menggunakan Retona Blend 55. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata.
- Saroso, T. W. 2007. Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal dengan Karet Alam dan Karet Sintetis. Jurnal Jalan dan Jembatan.
- Setyawan, Ary dan Sanusi, 2008, Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi dengan Material Lokal, MEDIA Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan .
- Siswanto H. 2017. *The Effect Of Latex On Permanent Deformation Of Asphalt Concrete Wearing Course*. Universitas Negeri Malang. Malang. Indonesia.
- Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Granit : Jakarta.
- Sukirman, S., (1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Steven, M. P. 2001. Kimia Polimer. Jakarta: Erlangga.
- Totomiharjo, Soeprapto 1994. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Universitas Gajah Mada: Biro Penerbit.
- Trisilvana R P; Krisna S P. 2014, Pengaruh Penambahan Bahan Alami Lateks (Getah Karet) Terhadap Kinerja Marshall Aspal Porus. Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- Wijaya E. 2016 Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks Pada Beton Aspal . Jurnal .Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta Barat.

- Wijaya, E., Darren, J. J., Antonius, D., & Rachmansyah. (2016). Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Zat Aditif Lateks Pada Beton Aspal Terhadap Stabilitas. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*.
- Yamali, F. R. 2017, Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar pada Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Terhadap Karakteristik Marshall, *Jurnal Civronlit Universitas Batanghari*, Vol.2 No.2, Oktober 2017, pp. 54-63.
- Yaro N. S A, 2021, *Performance evaluation of waste palm oil fiber reinforced stone matrix asphalt mixtures using traditional and sequential mixing processes*. Universiti Teknologi PETRONAS, Bandar Seri Iskandar, Perak 32610, Malaysia.
- Zang H. 2020, *The effect of two-phase mixing on the functional and mechanical properties of TPS/SBS-modified porous asphalt concrete*. College of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China.
- Viman L., Wendel, M., Said, S.F. 2008. berjudul *Long Term Performance of Flow Mixng Technique*. Penelitian, Sweden.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Pen 60/70



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 1 PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL 60/70

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2022

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Vicnometer Kosong (gr)	24,73	23,72
2	Berat Vicnometer + Aquadest (gr)	47,41	47,41
3	Berat Aquadest (2-1) (gr)	22,68	23,69
4	Berat Vicnometer + Aspal (gr)	26,89	26,04
5	Berat Aspal (4-1) (gr)	2,16	2,32
6	Berat Vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,57	47,49
7	Berat Aquadest (6-4) (gr)	20,68	21,45
8	Volume Aspal (3-7) (gr)	2,00	2,24
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,08	1,04
10	Rata-Rata Berat Jenis Aspal	1.058	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Modifikasi



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 2 PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 + Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Vicnometer Kosong (gr)	24,7	24
2	Berat Vicnometer + Aquadest (gr)	47,41	46,78
3	Berat Aquadest (2-1) (gr)	22,71	22,78
4	Berat Vicnometer + Aspal (gr)	25,25	25,51
5	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,55	1,51
6	Berat Vicnometer + Aspal + Aquadest (gr)	47,42	46,9
7	Berat Aquadest (6-4) (gr)	22,17	21,39
8	Volume Aspal (3-7) (gr)	0,54	1,39
9	Berat Jenis Aspal = Berat / Vol (5/8)	1,019	1,086
10	Rata-Rata Berat Jenis Aspal	1.052	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno. S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 3 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pen 60/70



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 3 PEMERIKSAAN TITIK LEMBEC ASPAL 60/70

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2022

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda Uji			
	Mulai Pemanasan	27	13.00 WIB	
	Selesai Pemanasan	50	13.15 WIB	
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang			
	Mulai Pemanasan	50	13.30 WIB	
	Selesai	27	15.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27	15.00 WIB	
	Selesai	52	15.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang Diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	1	2
1	5 °C				
2	10 °C	138.00	139.00		
3	15 °C	209.00	210.00		
4	20 °C	310.00	310.00		
5	25 °C	373.00	374.00		
6	30 °C	443.00	443.00		
7	35 °C	516.00	515.00		
8	40 °C	612.00	611.00		
9	45 °C	680	677		
10	50 °C	762	763	47	49

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Modifikasi



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 4 PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70+ Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu	Keterangan
1	Pemanasan Benda Uji			
	Mulai Pemanasan	27	13.00 WIB	
	Selesai Pemanasan	50	13.15 WIB	
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang			
	Mulai Pemanasan	50	13.30 WIB	
	Selesai	27	15.00 WIB	
3	Diperiksa			
	Mulai	27	15.00 WIB	
	Selesai	52	15.30 WIB	

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang Diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	1	2
1	5 °C				
2	10 °C	104.00	104.00		
3	15 °C	210.00	210.00		
4	20 °C	302.00	303.00		
5	25 °C	387.00	387.00		
6	30 °C	465.00	466.00		
7	35 °C	664.00	665.00		
8	40 °C	668.00	668.00		
9	45 °C	765	766		
10	50 °C	1122	1140	57	59

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pen 60/70



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fak : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 5 PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL 60/70

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2022

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27	10.00 WIB
	Selesai	130	10.30 WIB
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130	10.30 WIB
	Selesai	27	13.00 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	27	13.00 WIB
	Selesai	27	13.30 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	62	61		
2.	70	64,5		
3.	62	65		
4.	63,5	70		
5.	67	70		
Rata2	64,9	66,1		
Rerata	65,5			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 6 Pemeriksaan Penetrasi Aspal Modifikasi



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 6 PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70+ Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27	10.00 WIB
	Selesai	130	10.30 WIB
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130	10.30 WIB
	Selesai	27	13.00 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	27	13.00 WIB
	Selesai	27	13.30 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	57	56		
2.	55	57		
3.	56	55		
4.	56	57		
5.	56	57		
Rata2	56	56,4		
Rerata	56,2			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 7 Pemeriksaan Titik Nyala & Bakar Aspal Pen 60/70



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 7 PEMERIKSAAN TITIK NYALA & TITIK BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2022

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai Pemanasan	27	13.00 WIB
	Selesai Pemanasan	130	13.15 WIB
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130	13.15 WIB
	Selesai	27	13.45 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	27	13.45 WIB
	Selesai	300	14.15 WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	344	349

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 8 Pemeriksaan Titik Nyala & Bakar Aspal Modifikasi



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 8 PEMERIKSAAN TITIK NYALA & TITIK BAKAR ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70+ Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No.	Urutan Pemeriksaan	Suhu	Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai Pemanasan	27	13.00 WIB
	Selesai Pemanasan	150	13.15 WIB
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150	13.15 WIB
	Selesai	27	13.45 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	27	13.45 WIB
	Selesai	338	14.15 WIB

HASIL PENGAMATAN

No.	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	300	305

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 9 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam CCL4/TCE



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 9 PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4/TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2022

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1	Penimbangan	Mulai	14:30	27
2	Pelarutan	Mulai	14:40	27
3	Penyaringan	Mulai	14:45	27
		Selesai	15:15	27
4	Di Oven	Mulai	15:15	110
5	Penimbangan	Mulai	15:30	27

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat Erlen Meyer Kosong	63,57	63,59
2	Berat Erlen Meyer Kosong + Asp	65,02	65,44
3	Berat Aspal (2-1)	1,45	1,85
4	Berat Kertas Saring Bersih	0,58	0,57
5	Berat Kertas Saring Bersih + Mineral	0,59	0,57
6	Berat Mineral (5-4)	0,01	0,00
7	Prosentasi Mineral) (6/3x100%)	0,69	0,00
8	Aspal yang Larut (100%-7)	99,31	100,00
9	Rata-Rata Aspal yang Larut (%)	99,66	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 10 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Modifikasi dalam CCL4/TCE



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjtr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 10 PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4/TCE ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70+ Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1	Penimbangan	Mulai	14:30	27
2	Pelarutan	Mulai	14:40	27
3	Penyaringan	Mulai	14:45	27
		Selesai	15:15	27
4	Di Oven	Mulai	15:15	110
5	Penimbangan	Mulai	15:30	27

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat Erlen Meyer Kosong	58,58	56,17
2	Berat Erlen Meyer Kosong + Asp	59,14	56,9
3	Berat Aspal (2-1)	0,56	0,73
4	Berat Kertas Saring Bersih	0,58	0,58
5	Berat Kertas Saring Bersih + Mineral	0,59	0,59
6	Berat Mineral (5-4)	0,01	0,01
7	Prosentasi Mineral (6/3x100%)	1,79	1,37
8	Aspal yang Larut (100%-7)	98,21	98,63
9	Rata-Rata Aspal yang Larut (%)	98,42	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 11 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Pen 60/70



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjtr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 11 PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2022

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperature
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 $\pm 27^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman benda uji	Direndam dalam waterbath dengan suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Pengujian pada suhu 25°C ,	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	165	Tidak Putus
2	Sampel 2	165	Tidak Putus

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 12 Pemeriksaan Daktilitas Aspal Modifikasi



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 12 PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL MODIFIKASI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70+ Latex 7,5%

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tahun Uji : 2023

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperature
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 $\pm 27^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman benda uji	Direndam dalam waterbath dengan suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Pengujian pada suhu 25°C ,	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	160	Tidak Putus
2	Sampel 2	160	Tidak Putus

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 13 Pemeriksaan Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan Natrium Sulfat



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 13 PEMERIKSAAN KEKEKALAN BENTUK AGREGAT TERHADAP LARUTAN NATRIUM SULFAT

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

Jumlah Benda Uji	No. Saringan	Berat Benda Uji Awal (g)	Berat Benda Uji Setelah Rendaman (g)	Persentase Kehilangan Berat (%)
Benda Uji I	9,5 mm-4,75 mm	300,69	284,21	5,48
Benda Uji II	12,5,0 mm-9,5 mm	675,58	636,74	5,74
Rata-rata				5,61

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 14 Pemeriksaan Kekekalan Agregat Terhadap Aspal



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 14 PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.00 WIB
	Selesai	150 °C	09.15 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	150 °C	09.15 WIB
	Selesai	25 °C	10.45 WIB
3.	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	10.45 WIB
	Selesai	25 °C	11.30 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Benda uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Sampel 1	98 %	Memenuhi
2.	Sampel 2	98 %	Memenuhi

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIK : 18914040

Lampiran 15 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 15 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN *LOS ANGELES*

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Jenis gradasi		F	
	Saringan		Benda uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	I (500 putaran)	II (100 putaran)
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)		3809	4712,24
13.	KEAUSAN = (A-B)/A X 100		23,82%	5,75 %

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 16 Pemeriksaan Butiran Kasar Agregat Kasar



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 16 PEMERIKSAAN BUTIRAN KASAR AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Uraian	Pengujian	
		Kecil dari Satu Bidang Pecah (g)	Dua Bidang Pecah atau Lebih (g)
1	Massa benda uji + takaran	-	510,22
2	Massa butir pecah + takaran	-	490,16
3	Massa takaran	-	94,5
4	Massa benda uji	-	415,72
5	Massa butir pecah dengan jumlah bidang pecah yang disyaratkan	-	395,66
6	Persentase butir pecah	-	95%

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 17 Pemeriksaan Partikel Pipih dan Lonjong



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 17 PEMERIKSAAN PARTIKEL PIPIH DAN LONJONG

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Ukuran Saringan (mm)	Berat Benda Uji (g)	Berat Setelan Pengujian (g)		Presentase (%)	
			Pipih	Lonjong	Pipih	Lonjong
1	12,7	2500	98,86	143,27	3,95	5,73
2	9,53	1000	33,08	71,92	3,30	7,19
Rata-rata					3,62	6,46
					5,04	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 18 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 18 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No.	Keterangan	Benda Uji (gram)		Rata-rata
		1	2	
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1657,47	1660,58	1659,03
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	1005,98	1007,86	1006,92
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1595,70	1596,57	1596,14
5	Berat Jenis (Bulk) = $BK/(BJ-BA)$	2,45	2,45	2,45
6	Berat Jenis (SSD) = $BJ/(BJ-BA)$	2,54	2,54	2,54
7	Berat Jenis (Semu) = $BK/(BK-BA)$	2,71	2,71	2,71
8	Penyerapan Air = $(BJ-BK)/BK \times 100\%$	3,87	4,01	3,94
9	Berat Cawan	329,45	336,70	
10	Berat Jenis Efektif = $(BJ \text{ Bulk} + BJ \text{ Semu}) / 2$	2,58	2,58	
11	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,58		

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 19 Pemeriksaan Material Lolos Saringan 200



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 19 PEMERIKSAAN MATERIAL LOLOS SARINGAN 200

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Parameter	Satuan	Benda Uji I	Benda Uji II
1	Berat Agregat + wadah	gram	1332,06	1341,21
2	Berat wadah	gram	331,82	341,03
3	Berat kering benda uji awal	gram	1000,24	1000,18
4	Berat benda uji sesudah pencucian + wadah	gram	1310,95	1321,37
5	Berat Kering benda uji sesudah pencucian	gram	991,67	993,92
6	Persen lolos saringan No. 200	%	0,85	0,62
Rata-rata			0,73	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 20 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 20 PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No.	Keterangan	Benda Uji		Rata-rata
		1	2	
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	501,86	501,06	501,46
2	Berat Vicnometer + Air (B)	692,34	668,42	680,38
3	Berat Vicnometer + Air + Benda Uji (BT)	1015,27	988,03	1001,65
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	494,55	492,57	493,56
5	Berat Jenis (Bulk) = $(BK / ((B+500) - BT))$	2,79	2,73	2,76
6	Berat Jenis (SSD) = $(500 / ((B+500) - BT))$	2,82	2,77	2,80
7	Berat Jenos (Semu) = $(BK / ((B+BK) - BT))$	2,88	2,85	2,86
8	Penyerapan Air = $(500 - BK) / BK \times 100\%$	1,10	1,51	1,31
	Berat Jenis Efektif = $(BJ \text{ Bulk} + BJ \text{ Semu}) / 2$	2,84	2,79	
	Berat Jenis Efektif Rata2	2,81		

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIK : 18914040

Lampiran 21 Pemeriksaan Setara Pasir



LABORATORIUM JALAN RAYA JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 21 PEMERIKSAAN SETARA PASIR

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No.	Keterangan	Benda Uji			
		1	2	Rata - Rata	
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl ₂ selama (\pm 10 menit)	Mulai	11:25	11:25	
		Selesai	11:35	11:35	
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	11:37	11:37	
		Selesai	11:40	11:40	
3	Clay Reading (Pembacaan Lumpur) Inchi	3,7	3,8	3,75	
4	Sand Reading (Pembacaan Pasir)	3,2	3,6	3,4	
5	Sand Equivalent (4/3 x 100%)	0,865	0,947	90,612	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 22 Pemeriksaan Material Lolos Saringan No. 200



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 22 PEMERIKSAAN MATERIAL LOLOS SARINGAN NO. 200

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Parameter	Satuan	Benda Uji I	Benda Uji II
1	Berat Agregat + wadah	gram	595,33	595,27
2	Berat wadah	gram	94,85	95,04
3	Berat kering benda uji awal	gram	500,48	500,23
4	Berat benda uji sesudah pencucian + wadah	gram	534,46	528,76
5	Berat Kering benda uji sesudah pencucian	gram	461,58	467,57
6	Persen lolos saringan No. 200	%	7,77	6,57
Rata-rata			7,17	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 23 Pemeriksaan Gumpalan Lempung dan Kumpulan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 23 PEMERIKSAAN GUMPALAN LEMPUNG DAN KUMPALAN BUTIR-BUTIR MUDAH PECAH DALAM AGREGAT

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2022

No	Parameter	Satuan	Benda Uji I	Benda Uji II
1	Berat Agregat + wadah	gram	201,02	200,36
2	Berat wadah	gram	94,85	95,04
3	Berat kering benda uji awal	gram	106,17	105,32
4	Berat benda uji sesudah pencucian + wadah	gram	200,14	199,47
5	Berat Kering benda uji sesudah pencucian	gram	105,46	104,55
6	Persen lolos saringan No. 200	%	0,66	0,73
Rata-rata			0,69	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 24 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO pada Campuran Aspal Porus



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 24 PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

SAMPSEL	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MO (Kg/mm)
5A	7,707	5,263	5	1181,98	1235,42	635,14	600,28	1,9690	2,4036	9,3068	72,612	18,081	27,388	33,982	18,081	39	576,8424	0,749166667	432,151	4,12	104,891
5B	7,723	5,263	5	1186,44	1239,95	641,91	598,04	1,9839	2,4036	9,3769	73,159	17,464	26,841	34,935	17,464	30	443,725	0,747083333	331,500	4,99	66,433
5C	7,834	4,712	5	1185,84	1239,23	636,48	602,75	1,9674	2,4036	9,2989	72,551	18,150	27,449	33,877	18,150	36	532,4699	0,729875	388,636	5,83	66,661
								1,9682					27,4183	33,9294	18,1155		554,6562		410,3938	4,9750	85,7763
5,5A	7,960	5,820	5,5	1180,46	1228,05	625,44	602,61	1,9589	2,3877	10,1848	71,858	17,957	28,142	36,191	17,957	47	695,1691	0,7075	491,832	5,64	87,204
5,5B	7,927	5,820	5,5	1170,36	1221,58	629,68	591,9	1,9773	2,3877	10,2803	72,533	17,187	27,467	37,427	17,187	8	118,3267	0,711625	84,204	7,18	11,728
5,5C	7,858	5,263	5,5	1183,39	1231,01	629,07	601,94	1,9660	2,3877	10,2214	72,117	17,662	27,883	36,658	17,662	48	709,9599	0,72025	511,349	4,54	112,632
								1,9716					28,0123	36,4246	17,8092		702,5645		501,5904	5,0900	99,9181
6A	7,805	6,383	6	1177,55	1216,39	618,4	597,99	1,9692	2,3719	11,1689	71,853	16,978	28,147	39,680	16,978	47	695,1691	0,726833333	505,272	5,02	100,652
6B	8,027	6,383	6	1176,99	1217,78	615,51	602,27	1,9543	2,3719	11,0842	71,308	17,607	28,692	38,632	17,607	26	384,5616	0,699166667	268,873	5,23	51,410
6C	7,710	5,820	6	1179,89	1218,15	619,2	598,95	1,9699	2,3719	11,1731	71,880	16,947	28,120	39,734	16,947	48	709,9599	0,748791667	531,612	5,24	101,453
								1,9696					28,1334	39,7073	16,9624		702,5645		518,4421	5,1300	101,0522
6,5A	7,675	6,952	6,5	1179,49	1217,13	626,7	590,43	1,9977	2,3563	12,2747	72,505	15,220	27,495	44,644	15,220	46	680,3783	0,753083333	512,382	4,43	115,662
6,5B	7,683	6,952	6,5	1177,78	1220,68	623,77	596,91	1,9731	2,3563	12,1239	71,614	16,262	28,386	42,711	16,262	46	680,3783	0,752083333	511,701	4,92	104,004
6,5C	7,637	6,383	6,5	1170,04	1211,76	620,45	591,31	1,9787	2,3563	12,1583	71,817	16,025	28,183	43,141	16,025	41	606,4241	0,757916667	459,619	4,1	112,102
								1,9854					27,9405	43,6772	15,7412		680,3783		512,0413	4,6750	109,8330
7A	7,570	7,527	7	1162,72	1215,45	621,59	593,86	1,9579	2,3409	12,9557	70,681	16,363	29,319	44,189	16,363	17	251,4441	0,76625	192,669	7,11	27,098
7B	7,640	7,527	7	1171,07	1213,08	622,64	590,44	1,9834	2,3409	13,1244	71,601	15,274	28,399	46,215	15,274	27	399,3525	0,798	318,683	6,04	52,762
7C	7,617	6,952	7	1178,36	1220,78	632,19	588,59	2,0020	2,3409	13,2476	72,273	14,479	27,727	47,779	14,479	28,5	421,5387	0,773416667	326,025	5,18	62,939
								1,9927					28,0626	46,9970	14,8766		410,4456		322,3542	5,6100	57,8507

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 25 Pengujian *Cantabro Loss* dalam Mencari KAO Pada Campuran Aspal Porus



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 25 PENGUJIAN *CANTABRO LOSS* DALAM MENCARI KAO PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

SAMPSEL	Berat Benda Uji		Berat Sebelum Di Abrasi	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
	Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
5	A	D	1184,25	638,32	43.69
	B	E	1167,05	714,44	
	C	F	1173,38	631,55	
5.5	A	D	1181,42	835,85	28.63
	B	E	1178,34	848,19	
	C	F	1188,99	1037,75	
6	A	D	1173,02	964,05	16.60
	B	E	1175,62	994,83	
	C	F	1183,21	1072,54	
6.5	A	D	1180,4	1132,49	13.20
	B	E	1183,29	990,84	
	C	F	1167,57	1049,23	
7	A	D	1170,7	1123,11	4.75
	B	E	1189,27	1118,61	
	C	F	1153,58	1104,73	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 26 Pengujian *Asphalt Flow Down* dalam Mencari Nilai KAO Pada Campuran Aspal Porus



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

**LAMPIRAN 26 PENGUJIAN *ASPHALT FLOW DOWN* DALAM MENCARI KAO PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS**

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar Aspal (%)		Weight (g)			Berat Aspal Meleleh (m3-m1) (g)	Berat Total Sampel (m2-m1) (g)	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Asphalt Flow Down Rata-rata (%)
		m1	m2	m3				
5	1	342,71	1526,1	344,85	2,14	1183,39	0,18	0.18
	2	343,3	1525,14	345,6	2,3	1181,84	0,19	
	3	350,06	1529,61	352,23	2,17	1179,55	0,18	
5.5	1	343,5	1525,46	348,01	4,51	1181,96	0,38	0.36
	2	350,46	1523,6	354,46	4	1173,14	0,34	
	3	345,87	1512,09	350,88	5,01	1166,22	0,43	
6	1	343,1	1514,32	347,91	4,81	1171,22	0,41	0.69
	2	343,02	1521,13	354,73	11,71	1178,11	0,99	
	3	350,03	1521,38	357,89	7,86	1171,35	0,67	
6.5	1	349,98	1516,25	387,14	37,16	1166,27	3,19	2.37
	2	342,53	1512,9	360,81	18,28	1170,37	1,56	
	3	342,73	1519,51	387,33	44,6	1176,78	3,79	
7	1	347,67	1517,5	415,15	67,48	1169,83	5,77	6.12
	2	350,05	1512,63	425,35	75,3	1162,58	6,48	
	3	342,99	1507,2	425,2	82,21	1164,21	7,06	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 27 Pengujian Marshall Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 27 PENGUJIAN MARSHALL METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPSEL	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					YMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
0 %	A	7,60	5,84	5,52	1165,88	1214,1	625,63	588,47	1,981	2,39	10,34	72,66	17,00	27,34	37,81	17,00	30	739,34	0,76	563,59	3,96	142,32
	B	7,86	5,84	5,52	1164,64	1212,23	628,78	583,45	1,996	2,39	10,42	73,21	16,38	26,79	38,88	16,38	45	665,59	0,73	482,97	3,855	125,28
	C	7,75	5,84	5,52	1161,04	1211,51	625,23	586,28	1,980	2,39	10,33	72,63	17,04	27,37	37,75	17,04	42	621,21	0,74	462,29	3,21	144,01
									1,99					27,07	38,35	16,09				523,28	3,91	133,80
2,5%	A	7,34	5,84	5,52	1167,51	1225,57	642,76	582,81	2,003	2,39	10,45	73,47	16,08	26,53	39,40	16,08	52	769,12	0,80	616,74	3,36	183,55
	B	7,67	5,84	5,52	1163,04	1212,25	625,25	587	1,981	2,39	10,34	72,67	17,00	27,33	37,82	17,00	54	798,70	0,75	602,02	4,08	147,55
	C	7,61	5,84	5,52	1173,84	1223,46	642,1	581,36	2,023	2,39	10,55	74,18	15,27	25,82	40,87	15,27	52,5	776,52	0,76	591,45	3,76	157,30
									1,99					26,93	38,61	16,24				609,38	3,72	162,53
5%	A	7,85	5,84	5,52	1170,75	1219,79	636,02	583,77	2,005	2,39	10,46	73,55	15,98	26,45	39,57	15,98	40	591,63	0,73	430,04	3,39	126,86
	B	7,32	5,84	5,52	1175,38	1223,86	633,2	590,66	1,990	2,39	10,38	72,98	16,64	27,02	38,43	16,64	49	724,75	0,81	583,88	3,29	177,47
	C	7,73	5,84	5,52	1175,92	1226,77	636,66	590,11	1,993	2,39	10,40	73,08	16,52	26,92	38,63	16,52	46	680,38	0,75	508,02	3,08	164,94
									1,99					26,97	38,53	16,28				545,95	3,19	171,21
7,5%	A	7,41	5,84	5,52	1172,43	1217,61	637,48	580,13	2,021	2,39	10,55	74,12	15,33	25,88	40,75	15,33	33,5	495,49	0,79	391,44	3,78	103,56
	B	7,64	5,84	5,52	1170,55	1215,57	638,16	577,41	2,027	2,39	10,58	74,35	15,07	25,65	41,24	15,07	32	473,31	0,76	358,33	3,08	116,34
	C	7,54	5,84	5,52	1168,76	1216,18	636,68	579,5	2,017	2,39	10,52	73,97	15,51	26,03	40,43	15,51	39	576,84	0,77	444,17	4,61	96,35
									2,02					25,77	40,99	15,20				374,89	3,43	109,95

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 28 Pengujian Marshall Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 28 PENGUJIAN MARSHALL METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPSEL	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
0 %	A	7,33	5,84	5,52	1170,2	1219,6	631,86	587,74	1,991	2,39	10,39	73,02	16,59	26,98	38,51	16,59	48	709,96	0,80	571,07	3,4	167,96
	B	7,99	5,84	5,52	1177,25	1220,84	628,77	592,07	1,988	2,39	10,38	72,92	16,70	27,08	38,32	16,70	38	562,05	0,70	395,54	4,92	80,40
	C	7,81	5,84	5,52	1168,74	1214,94	630,17	584,77	1,999	2,39	10,43	73,30	16,27	26,70	39,06	16,27	45	665,59	0,73	488,37	3,69	132,35
									1,99					26,84	38,78	16,43				529,72	3,55	150,16
2,5%	A	7,53	5,84	5,52	1180,11	1223,91	635,47	588,44	2,005	2,39	10,46	73,55	15,98	26,45	39,57	15,98	53	783,91	0,77	604,27	3,33	181,46
	B	7,67	5,84	5,52	1176,63	1220,69	638,76	581,93	2,022	2,39	10,55	74,15	15,29	25,85	40,82	15,29	47	695,17	0,75	523,98	4,11	127,49
	C	7,34	5,84	5,52	1180,69	1219,92	636,52	583,4	2,024	2,39	10,56	74,22	15,22	25,78	40,97	15,22	55	813,50	0,80	652,32	3,98	163,90
									2,01					26,11	40,27	15,60				628,29	3,66	172,68
5%	A	7,42	5,84	5,52	1181,84	1222,11	637,43	584,68	2,021	2,39	10,55	74,13	15,32	25,87	40,78	15,32	48	709,96	0,81	573,29	3,31	173,20
	B	7,52	5,84	5,52	1175,72	1222,38	635,06	587,32	2,002	2,39	10,45	73,42	16,14	26,58	39,30	16,14	50	739,54	0,77	570,99	3,01	189,70
	C	7,82	5,84	5,52	1177,49	1222,31	636,86	585,45	2,011	2,39	10,49	73,76	15,74	26,24	40,00	15,74	47	695,17	0,73	509,21	4,98	102,25
									2,01					26,22	40,04	15,73				572,14	3,16	181,45
7,5%	A	7,44	5,84	5,52	1172,43	1228,56	640,41	588,15	1,993	2,39	10,40	73,11	16,49	26,89	38,68	16,49	34	502,89	0,78	394,45	4,09	96,44
	B	7,82	5,84	5,52	1170,55	1220,12	640,33	579,79	2,019	2,39	10,53	74,04	15,42	25,96	40,59	15,42	45	665,59	0,73	487,54	4,27	114,18
	C	7,47	5,84	5,52	1168,76	1215,57	643,88	571,69	2,044	2,39	10,67	74,98	14,35	25,02	42,63	14,35	43,5	643,40	0,78	501,32	4,1	122,27
									2,03					25,49	41,61	14,89				494,43	4,19	118,23

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 29 Pengujian Perendaman Marshall 24 Jam Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 29 PENGUJIAN PERENDAMAN MARSHALL 24 JAM METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPSEL	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Moist		Korokst	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
0%	A	7,31	5,84	5,52	1161,12	1213,28	625,05	588,23	1,974	2,39	10,30	72,39	17,31	27,61	37,31	17,31	32	473,31	0,81	382,20	4,5	78,48
	B	7,77	5,84	5,52	1174,45	1203,55	624,35	579,2	2,028	2,39	10,58	74,17	15,05	25,63	41,28	15,05	31	458,52	0,74	339,68	4,6	73,52
	C	7,64	5,84	5,52	1172,45	1210,87	623,5	587,37	1,996	2,39	10,42	73,21	16,38	26,79	38,88	16,38	32	473,31	0,76	358,33	5,6	83,65
									2,90					26,68	39,13	16,15				368,07	3,04	71,88
2,5%	A	7,96	5,84	5,52	1173,53	1220,68	637,73	582,95	2,013	2,39	10,50	73,83	15,67	26,17	40,14	15,67	42	621,21	0,72	222,86	6,5	34,39
	B	7,5	5,84	5,52	1180,43	1221,69	633,07	588,62	2,005	2,39	10,46	73,55	15,99	26,45	39,56	15,99	45	665,59	0,77	511,67	6,8	75,69
	C	7,75	5,84	5,52	1183,33	1219,21	638,12	581,09	2,002	2,39	10,45	73,42	16,13	26,58	39,31	16,13	44	650,80	0,74	478,34	7,5	64,12
									2,90					26,51	39,43	16,08				495,00	7,11	89,91
5%	A	7,4	5,84	5,52	1182,95	1220,78	641,44	579,34	2,042	2,39	10,65	74,89	14,46	25,11	42,43	14,46	32	473,31	0,79	375,10	5,9	63,79
	B	7,37	5,84	5,52	1176,22	1221,75	634,6	587,15	2,003	2,39	10,45	73,47	16,08	26,53	39,40	16,08	35	517,68	0,79	410,26	6,2	66,49
	C	7,73	5,84	5,52	1172,45	1222,27	636,2	586,07	2,001	2,39	10,44	73,37	16,19	26,63	39,20	16,19	40	591,63	0,75	441,97	6,3	70,81
									2,90					26,38	39,30	16,13				427,12	6,22	68,65
7,5%	A	7,81	5,84	5,52	1180,81	1226,84	640,53	586,31	2,014	2,39	10,51	73,86	15,63	26,14	40,21	15,63	25	369,77	0,73	270,86	4,5	60,87
	B	7,65	5,84	5,52	1170,83	1216,53	638,66	577,87	2,026	2,39	10,57	74,31	15,12	25,69	41,15	15,12	15	221,86	0,76	167,53	4,1	41,26
	C	7,34	5,84	5,52	1173,99	1218,18	633,53	584,65	2,008	2,39	10,48	73,64	15,88	26,36	39,76	15,88	26	384,56	0,79	304,52	5,6	54,19
									2,91					26,15	39,98	15,75				287,69	3,04	57,53

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 30 Pengujian Perendaman Marshall 24 Jam Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 30 PENGUJIAN PERENDAMAN MARSHALL 24 JAM METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2021

CAMPURAN ADITIF	SAMPL	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFVA (%)	VITM (%)	Meas		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (cm)	MQ (Kg/mm)
0%	A	7,73	5,84	5,52	1179,78	1219,76	629,73	590,03	2,000	2,39	1043	73,33	16,23	26,67	39,13	16,23	25	369,77	0,75	276,10	5,6	48,95
	B	7,87	5,84	5,52	1188,02	1227,33	634,71	592,62	2,005	2,39	1046	73,52	16,02	26,48	39,51	16,02	37	547,26	0,72	395,40	7,1	56,08
	C	7,78	5,84	5,52	1172,28	1220,65	627,05	593,6	1,975	2,39	1031	72,43	17,27	27,57	37,38	17,27	38	562,05	0,74	416,15	6,0	69,82
									1,99					27,02	38,44	16,64			405,77	6,51	62,95	
2,5%	A	7,33	5,84	5,52	1175,31	1215,72	632,96	582,76	2,017	2,39	1052	73,97	15,51	26,03	40,43	15,51	40	591,63	0,79	466,24	7,8	60,08
	B	7,76	5,84	5,52	1178,65	1211,88	625,08	586,8	2,009	2,39	1048	73,67	15,85	26,33	39,80	15,85	46	680,38	0,75	507,73	5,0	101,75
	C	7,76	5,84	5,52	1179,78	1218,59	628,49	590,1	1,995	2,39	1043	73,32	16,24	26,68	39,11	16,24	48	709,96	0,75	535,72	5,3	102,04
									2,00					26,51	39,45	16,05			521,73	5,12	101,50	
5%	A	7,46	5,84	5,52	1185,09	1226,3	627,89	598,41	1,980	2,39	1033	72,63	17,03	27,37	37,76	17,03	44	650,80	0,78	504,37	4,0	124,84
	B	7,47	5,84	5,52	1178,49	1217,48	633,52	583,96	2,018	2,39	1053	74,01	15,46	25,99	40,52	15,46	43	636,01	0,79	500,46	5,0	100,29
	C	7,84	5,84	5,52	1180,03	1220,41	630,37	590,04	2,000	2,39	1044	73,35	16,22	26,65	39,15	16,22	37	547,26	0,73	400,53	4,7	85,22
									2,00					26,68	39,14	16,25			502,41	4,52	112,57	
7,5%	A	7,7	5,84	5,52	1173,6	1216,76	638,12	578,64	2,028	2,39	1058	74,38	15,03	25,62	41,32	15,03	34	502,89	0,75	378,42	5,9	63,82
	B	7,41	5,84	5,52	1172,53	1217,8	637,71	580,09	2,021	2,39	1055	74,13	15,32	25,87	40,77	15,32	33	488,10	0,79	387,12	5,8	66,52
	C	7,88	5,84	5,52	1172,49	1215,82	636,3	579,52	2,023	2,39	1056	74,20	15,24	25,80	40,92	15,24	36	532,47	0,74	394,92	6,1	64,63
									2,024					25,76	41,00	15,20			386,82	6,0	64,99	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 31 Pengujian *IRS* 24 Jam Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjtr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 31 PENGUJIAN *IRS* 24 JAM METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar <i>Latex</i> (%)	<i>Immersion</i> (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	0.5	100	1,327
	24	68,81	
1	0.5	100	0,799
	24	81,23	
2	0.5	100	0,926
	24	78,23	
3	0.5	100	0,990
	24	76,74	

Kadar <i>Latex</i> (%)	<i>Immersion</i> (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0,5	100	31,19	23,5	15,270	84,730
	24	68,81				
2,5	0,5	100	18,77	23,5	9,189	90,811
	24	81,23				
5	0,5	100	21,77	23,5	10,656	89,344
	24	78,23				
7,5	0,5	100	23,26	23,5	11,387	88,613
	24	76,74				

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 32 Pengujian *IRS* 24 Jam Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 32 PENGUJIAN *IRS* 24 JAM METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus
Tahun Uji : 2022

<i>Kadar Latex (%)</i>	<i>Immersion (Jam)</i>	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	0.5	100	0,996
	24	76,60	
2,5	0.5	100	0,722
	24	83,04	
5	0.5	100	0,519
	24	87,81	
7,5	0.5	100	0,926
	24	78,24	

<i>Kadar Latex (%)</i>	<i>Immersion (Jam)</i>	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0.5	100	23,40	23,5	11,456	88,544
	48	76,60				
2,5	0.5	100	16,96	23,5	8,304	91,696
	48	83,04				
5	0.5	100	12,19	23,5	5,967	94,033
	48	87,81				
7,5	0.5	100	21,76	23,5	10,655	89,345
	48	78,24				

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 33 Pengujian ITS Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 33 PENGUJIAN ITS METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPSEL	TINGGI			TINGGI RATA-RATA	DIAMETER RATA-RATA	PEMBACAAN DIAL	STABILITAS (Kg)	ITS (Kpa)	ITS RATA -RATA (Kpa)
		1	2	3						
0%	A	7,35	7,43	7,4	7,39	10,31	2	31,51	25,83	25,42
	B	7,71	7,64	7,73	7,69	10,15	2	31,51	25,22	
	C	7,67	7,77	7,67	7,70	10,14	2	31,51	25,21	
2,5%	A	7,94	7,75	7,86	7,85	10,14	1,5	23,63	18,55	37,81
	B	7,73	7,89	7,78	7,80	10,14	3,5	55,15	43,57	
	C	7,47	7,54	7,46	7,49	10,25	2,5	39,39	32,06	
5%	A	7,57	7,68	7,82	7,69	10,15	3,5	55,15	44,15	40,49
	B	7,47	7,5	7,48	7,48	10,16	2,5	39,39	32,37	
	C	7,48	7,47	7,53	7,49	10,23	3,5	55,15	44,95	
7,5%	A	7,27	7,29	7,32	7,29	10,29	1,5	23,63	19,68	19,28
	B	7,74	7,68	7,76	7,73	10,12	1,5	23,63	18,89	
	C	7,3	7,35	7,3	7,32	10,25	2	31,51	26,26	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 34 Pengujian ITS Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 34 PENGUJIAN ITS METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPel	TINGGI			TINGGI RATA-RATA	DIAMETER RATA-RATA	PEMBACAAN DIAL	STABILITAS (Kg)	ITS (Kpa)	ITS RATA-RATA (Kpa)
		1	2	3						
0%	A	7,72	7,65	7,69	7,69	10,24	3	47,27	37,52	37,49
	B	7,65	7,71	7,7	7,69	10,26	3	47,27	37,45	
	C	7,36	7,33	7,39	7,36	10,28	3,5	55,15	45,54	
2,5%	A	7,46	7,66	7,45	7,52	10,28	3	47,27	38,19	44,31
	B	7,96	7,76	7,86	7,86	10,14	3,5	55,15	43,23	
	C	7,45	7,4	7,35	7,40	10,26	3,5	55,15	45,38	
5%	A	7,95	7,8	7,82	7,86	10,10	3,5	55,15	43,42	43,77
	B	7,52	7,57	7,5	7,53	10,22	4	63,02	51,17	
	C	8,04	7,92	8,04	8,00	10,06	3	47,27	36,70	
7,5%	A	7,4	7,3	7,4	7,37	10,23	3	47,27	39,19	38,57
	B	7,61	7,71	7,68	7,67	10,15	3	47,27	37,95	
	C	7,49	7,52	7,43	7,48	10,14	4	63,02	51,92	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 35 Pengujian *TSR* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 35 PENGUJIAN *TSR* METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPEL	TINGGI			TINGGI RATA-RATA	DIAMETER RATA-RATA	PEMBACAAN DIAL	STABILITAS (Kg)	INDIRECT TENSILE STRENGTH (Kpa)	ITS RATA-RATA (Kpa)	TSR (%)	ITS RENDAMAN
		1	2	3								
0%	A	7,72	7,86	7,94	7,84	10,13	1,5	21,72	17,09	15,31	60,22	66,15
	B	7,71	7,61	7,87	7,73	10,18	1	14,48	11,50			45,59
	C	7,56	7,63	7,7	7,63	10,26	1,5	21,72	17,33			68,77
2,5%	A	7,96	7,68	7,87	7,84	10,18	1,5	21,72	17,01	21,13	61,35	91,69
	B	7,44	7,52	7,57	7,51	10,22	2	28,96	23,57			54,11
	C	7,82	7,88	7,69	7,80	10,17	2	28,96	22,82			71,18
5%	A	7,4	7,4	7,44	7,41	10,23	2,5	36,20	29,82	31,55	81,56	67,55
	B	7,76	7,83	7,65	7,75	10,21	2,5	36,20	28,60			88,33
	C	7,36	7,27	7,34	7,32	10,23	3	43,44	36,23			80,59
7,5%	A	7,78	7,85	7,88	7,84	10,09	1	194,01	152,72	150,54	51,53	582,10
	B	7,82	7,61	7,66	7,70	10,15	1	194,01	153,86			814,69
	C	7,5	7,51	7,54	7,52	10,15	1	177,84	145,02			552,36

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 36 Pengujian *TSR* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 36 PENGUJIAN *TSR* METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

CAMPURAN ADITIF	SAMPSEL	TINGGI			TINGGI RATA-RATA	DIAMETER RATA-RATA	PEMBACAAN DIAL	STABILITAS (Kg)	INDIRECT TENSILE STRENGTH (Kpa)	ITS RATA-RATA	TSR (%)	ITS RENDAMAN
		1	2	3								
0%	A	7,6	7,64	7,61	7,62	10,17	2	28,96	23,36	23,09	61,60	62,25
	B	7,78	7,83	7,71	7,77	10,18	2	28,96	22,86			61,05
	C	7,7	7,72	7,78	7,73	10,15	2	28,96	23,05			50,61
2,5%	A	7,68	7,77	7,78	7,74	10,17	2,5	36,20	28,72	29,16	65,82	75,21
	B	7,42	7,35	7,34	7,37	10,29	2,5	36,20	29,82			68,98
	C	7,66	7,77	7,78	7,74	10,10	2,5	36,20	28,94			63,78
5%	A	7,38	7,46	7,43	7,42	10,23	3,5	50,68	41,70	37,34	85,32	96,02
	B	7,78	7,75	7,85	7,79	10,08	2,5	36,20	28,79			56,26
	C	7,49	7,53	7,47	7,50	10,17	3,5	50,68	41,53			113,17
7,5%	A	7,78	7,85	7,88	7,84	10,09	2	194,01	152,72	150,54	55,16	389,68
	B	7,82	7,61	7,66	7,70	10,15	2	194,01	153,86			405,38
	C	7,5	7,51	7,54	7,52	10,15	1,5	177,84	145,02			372,42

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 37 Pengujian *Cantabro Loss* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

**LAMPIRAN 37 PENGUJIAN *CANTABRO LOSS* METODE KONVENSIONAL PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX***

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar Aditif %		Berat Benda Uji		Berat Sebelum Di Abrasi	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
0	A	1173,92	976,52	197,4	16,82	20,85
	B	1171,11	879,61	291,5	24,89	
	C	1172,32	794,37	377,95	32,24	
2,5	A	1182,48	1012,3	170,18	14,39	16,88
	B	1175,46	926,44	249,02	21,18	
	C	1177,39	1000,05	177,34	15,06	
5	A	1185,24	1008,02	177,22	14,95	12,66
	B	1180,88	1058,55	122,33	10,36	
	C	1183,04	1010,78	172,26	14,56	
7,5	A	1164,35	1050,71	113,64	9,76	9,45
	B	1175,62	1085,04	90,58	7,70	
	C	1165,67	1059,23	106,44	9,13	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 38 Pengujian *Cantabro Loss* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjtr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 38 PENGUJIAN *CANTABRO LOSS* METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar Aditif %		Berat Benda Uji		Berat Sebelum Di Abrasi	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
0	A	1177,21	976,52	200,69	17,05	19,67
	B	1168,42	907,97	260,45	22,29	
	C	1173,43	942,56	230,87	19,67	
2,5	A	1182,96	1006,58	176,38	14,91	13,20
	B	1178,62	1043,2	135,42	11,49	
	C	1180,11	1011,56	168,55	14,28	
5	A	1185,21	1078,88	106,33	8,97	9,05
	B	1175,37	1068,14	107,23	9,12	
	C	1177,82	1070,23	107,59	9,13	
7,5	A	1169,69	1015,95	153,74	13,14	12,84
	B	1170,94	1024,05	146,89	12,54	
	C	1170,02	1018,07	151,95	12,99	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 39 Pengujian *Asphalt Flow Down* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjtr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 39 PENGUJIAN ASPHALT FLOW DOWN METODE KONVENSIONAL PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF LATEX

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar Aditif (%)		Weight (g)			Berat Aspal Meleleh (m3-m1) (g)	Berat Total Sampel (m2-m1) (g)	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Asphalt Flow Down Rata-rata (%)
		m1	m2	m3				
0	1	333,31	1496,06	335,48	2,17	1162,75	0,19	0.27
	2	275,08	1447,43	278,33	3,25	1172,35	0,28	
	3	336,06	1529,61	339,23	3,17	1193,55	0,27	
2,5	1	333,08	1502,23	336,29	3,21	1169,15	0,27	0.26
	2	275,38	1444,12	278,24	2,86	1168,74	0,24	
	3	335,87	1512,09	337,88	2,01	1176,22	0,17	
5	1	333,31	1500,39	336,42	3,11	1167,08	0,27	0.26
	2	275,3	1450,47	280,42	5,12	1175,17	0,44	
	3	350,03	1521,38	352,99	2,96	1171,35	0,25	
7.5	1	333,09	1504,48	334,92	1,83	1171,39	0,16	0.15
	2	274,96	1439,64	276,7	1,74	1164,68	0,15	
	3	332,73	1509,51	333,73	1,00	1176,78	0,08	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 40 Pengujian *Asphalt Flow Down* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

**LAMPIRAN 40 PENGUJIAN *ASPHALT FLOW DOWN* METODE BERTAHAP PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX***

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Kadar Aditif (%)		Weight (g)			Berat Aspal Meleleh (m3-m1) (g)	Berat Total Sampel (m2-m1) (g)	Nilai <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Asphalt Flow Down Rata-rata (%)
		m1	m2	m3				
		0	1	333,25	1502,78	335,7	2,45	1169,53
2	275,45	1444,69	277,84	2,39	1169,24	0,20		
3	335,06	1529,61	336,23	1,17	1194,55	0,10		
2,5	1	333,33	1505,55	335,25	1,92	1172,22	0,16	0.18
	2	275,36	1440,89	277,7	2,34	1165,53	0,20	
	3	335,87	1512,09	337,88	2,01	1176,22	0,17	
5	1	333,26	1505,38	334,64	1,38	1172,12	0,12	0.13
	2	275,4	1446,8	276,1	0,7	1171,4	0,06	
	3	330,03	1506,38	331,59	1,56	1176,35	0,13	
7.5	1	333,12	1508,5	334,08	0,96	1175,38	0,08	0.11
	2	275,15	1438,87	276,17	1,02	1163,72	0,09	
	3	334,05	1509,51	335,72	1,67	1175,46	0,14	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

Peneliti

Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 41 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

**LAMPIRAN 41 PENGUJIAN *WHEEL TRACKING* METODE KONVENSIONAL PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX***

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Waktu (menit)	Lintasan	Deformasi (mm)			
		Kadar 0 %	Kadar 2,5 %	Kadar 5 %	Kadar 7,5 %
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	21	1,83	1,76	2,05	1,71
5	105	4,15	3,95	4,61	3,78
10	210	6,28	5,57	7,07	5,68
15	315	8,32	7,07	9,32	7,19
30	630	12,35	10,31	13,87	10,57
45	945	14,83	12,20	16,28	12,57
60	1260	16,17	13,39	17,66	14,30

Kadar Additive <i>Latex</i> (%)	Kecepatan Deformasi (mm/menit)	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)
0	0,083	504,00
2,5	0,079	529,41
5	0,092	456,52
7,5	0,115	364,16

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK: 20 511 1303

Mentari
NIM: 18914040

Lampiran 42 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex*



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

GEDUNG MOHAMAD NATSIR
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Tlp : (0274) 898444 ext 3228
Fax : (0274) 895330
Email : labjr.ftsp@gmail.com

LAMPIRAN 42 PENGUJIAN *WHEEL TRACKING* METODE BERTAHAP PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN ADITIF *LATEX*

Tipe Campuran : Aspal Porus

Tahun Uji : 2022

Waktu (menit)	Lintasan	Deformasi (mm)			
		Kadar 0 %	Kadar 2,5 %	Kadar 5 %	Kadar 7,5 %
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	21	2,24	2,45	2,23	2,19
5	105	5,01	5,98	5,66	5,49
10	210	7,51	9,50	9,35	8,78
15	315	9,95	12,38	12,21	11,53
30	630	13,87	16,92	16,81	15,76
45	945	16,42	19,01	19,57	17,61
60	1260	17,73	20,11	20,61	18,54

Kadar Additive <i>Latex</i> (%)	Kecepatan Deformasi (mm/menit)	Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)
0	0,075	562,50
2,5	0,073	572,73
5	0,069	605,77
7,5	0,062	677,42

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

Prayogo Afang Prayitno, S.T. M.Sc.
NIK : 20 511 1303

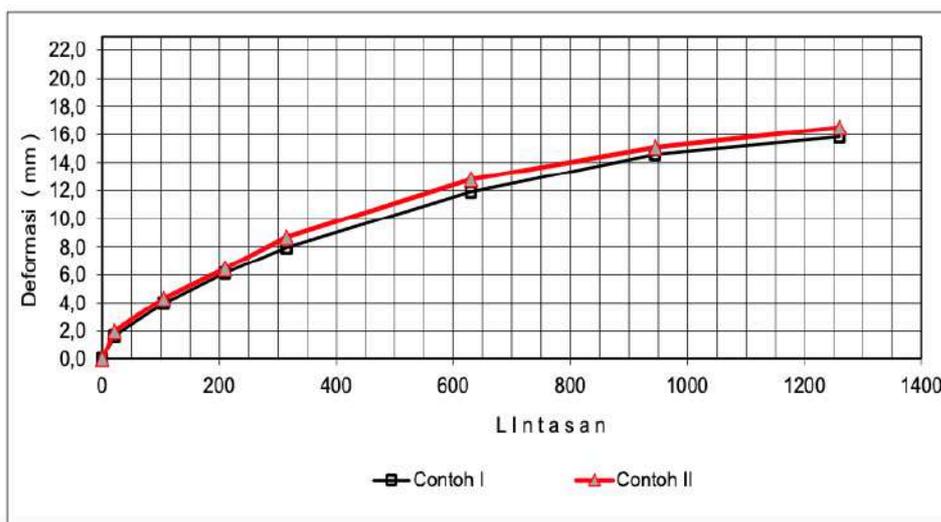
Mentari
NIM : 18914040

Lampiran 43 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex* 0%

 <small>LABORATORIUM PENGGUJIAN BALAI BAHAN JALAN</small>	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA BALAI BAHAN JALAN	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS	Tanggal Revisi	
		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) UII a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode K (0%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 1 Desember 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	1,66	1,99		mm
5	105	3,97	4,33		mm
10	210	6,12	6,44		mm
15	315	7,94	8,69		mm
30	630	11,90	12,80		mm
45	945	14,58	15,08		mm
60	1260	15,83	16,51		mm
DO = Ren Awal		8,80	9,80		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0833	0,0953		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		504,0	440,6		lintasan/mm

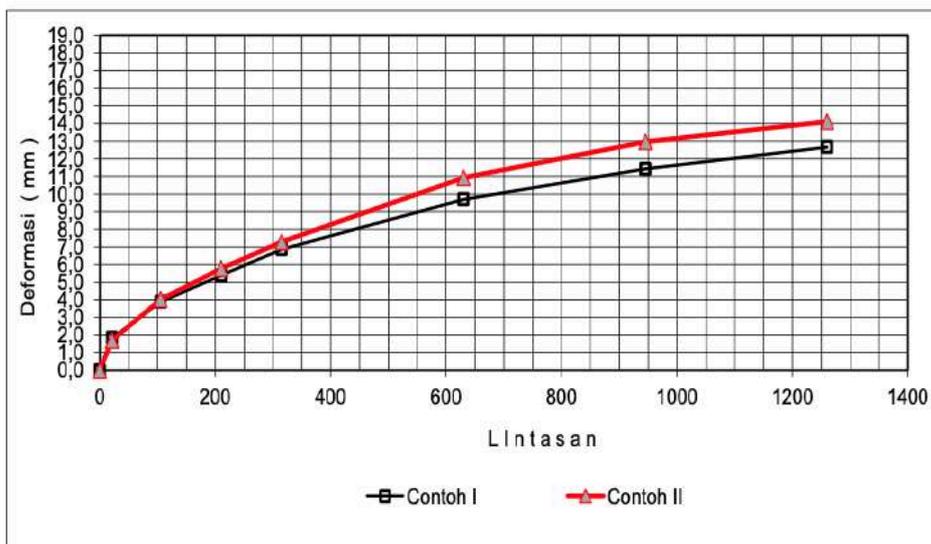


Lampiran 44 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex 2,5%*

 <small>LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN</small>	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA	No. Formlir	
	BALAI BAHAN JALAN	Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS	Tanggal Revisi	
			Halaman 1 dari 1

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Ull a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode K (2,5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 2 Desember 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	1,82	1,69		mm
5	105	3,88	4,01		mm
10	210	5,38	5,76		mm
15	315	6,86	7,28		mm
30	630	9,69	10,92		mm
45	945	11,42	12,97		mm
60	1260	12,66	14,11		mm
DO = Ren Awal		6,90	7,80		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0827	0,0760		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		508,1	552,6		lintasan/mm

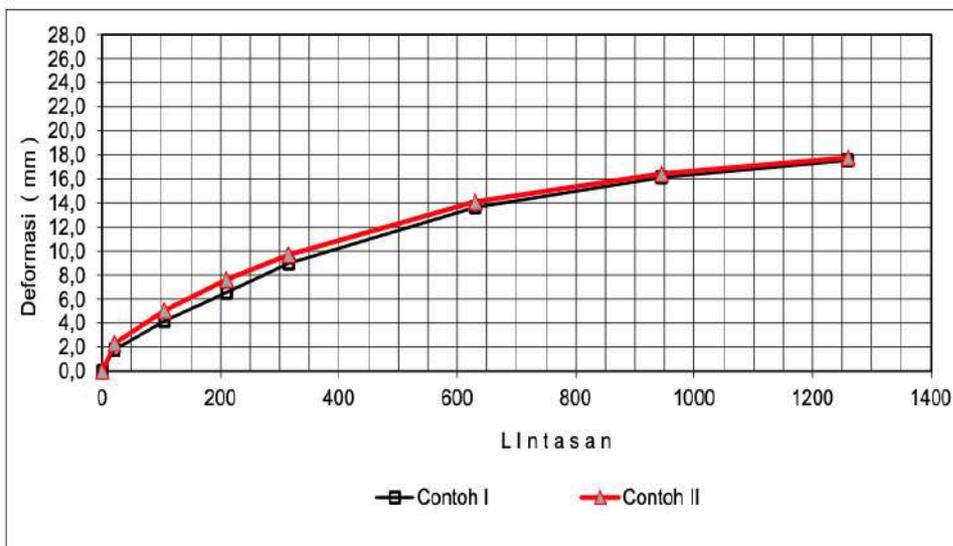


Lampiran 45 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex 5%*

 LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA		No. Formulir	
	BALAI BAHAN JALAN		Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN		Tanggal Revisi	
	STABILITAS DINAMIS		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) UII a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode K (5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : November
5. Di uji tanggal :
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	1,78	2,31		mm
5	105	4,17	5,04		mm
10	210	6,53	7,61		mm
15	315	8,96	9,67		mm
30	630	13,63	14,10		mm
45	945	16,12	16,43		mm
60	1260	17,54	17,77		mm
DO = Ren Awal		11,40	11,00		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0947	0,0893		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		443,7	470,1		lintasan/mm

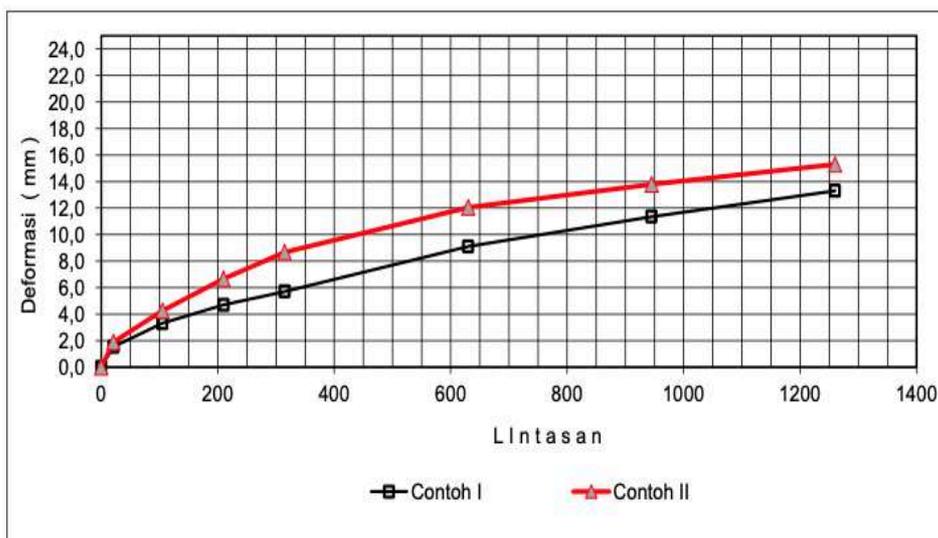


Lampiran 46 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Konvensional Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex* 7,5%

 LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA BALAI BAHAN JALAN	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS		Tanggal Revisi
			Halaman 1 dari 1

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Ull a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porus Kode K (7,5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : November
5. Di uji tanggal :
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	1,53	1,89		mm
5	105	3,31	4,25		mm
10	210	4,69	6,67		mm
15	315	5,70	8,67		mm
30	630	9,10	12,04		mm
45	945	11,35	13,79		mm
60	1260	13,30	15,30		mm
DO = Ren Awal		5,80	8,60		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,1300	0,1007		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		323,1	417,2		lintasan/mm

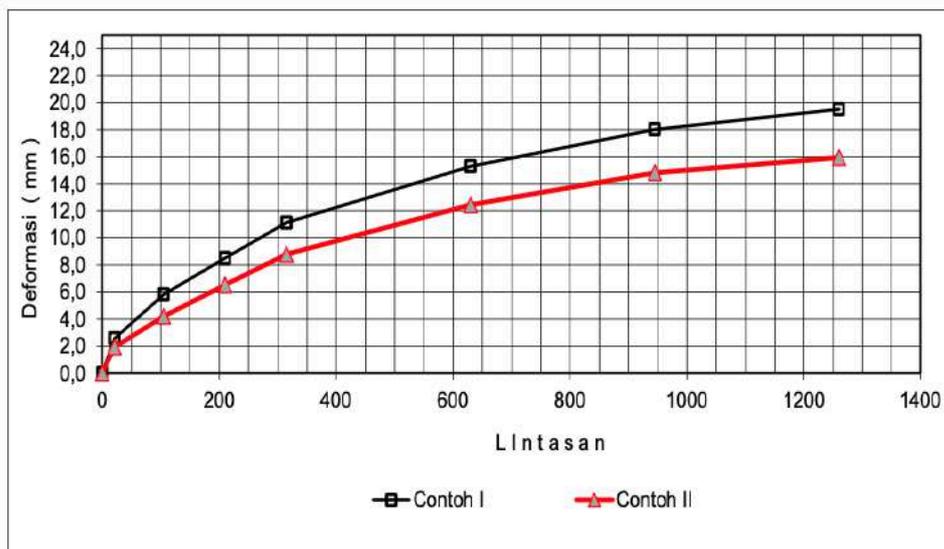


Lampiran 47 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex* 0%

 LABORATORIUM PENGIJIAN BALAI BAHAN JALAN	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA	No. Formulir	
	BALAI BAHAN JALAN	Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS	Tanggal Revisi	
		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Uli a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode B (0%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 27 November 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	2,56	1,92		mm
5	105	5,81	4,20		mm
10	210	8,50	6,52		mm
15	315	11,12	8,78		mm
30	630	15,30	12,44		mm
45	945	18,02	14,82		mm
60	1260	19,52	15,94		mm
DO = Ren Awal		11,90	10,20		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,1000	0,0747		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		420,0	562,5		lintasan/mm

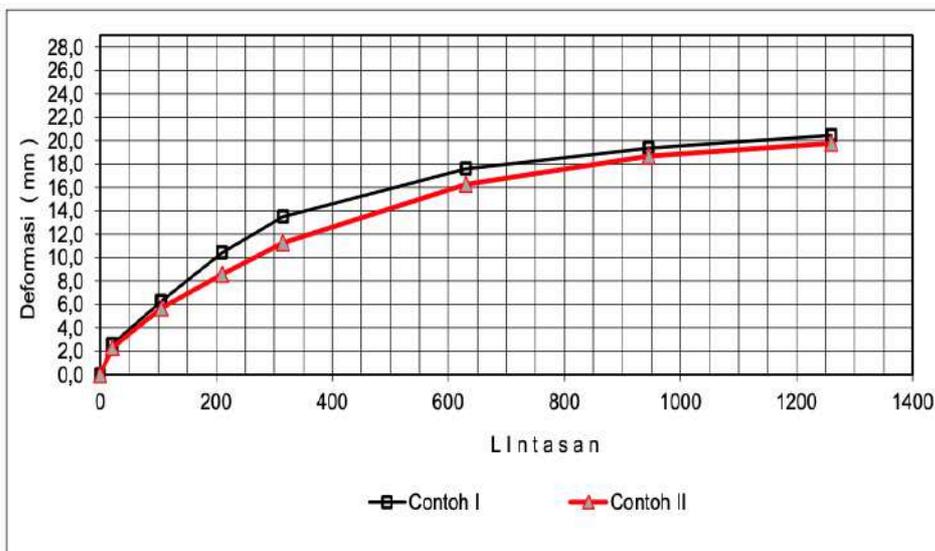


Lampiran 48 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex 2,5%*

 <small>LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN</small>	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA	No. Formulir	
	BALAI BAHAN JALAN	Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS	Tanggal Revisi	
		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Ull a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode B (2,5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 28 November 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	2,58	2,32		mm
5	105	6,27	5,68		mm
10	210	10,43	8,57		mm
15	315	13,50	11,25		mm
30	630	17,58	16,25		mm
45	945	19,35	18,66		mm
60	1260	20,45	19,76		mm
DO = Ren Awal		14,30	13,50		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0733	0,0733		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		572,7	572,7		lintasan/mm

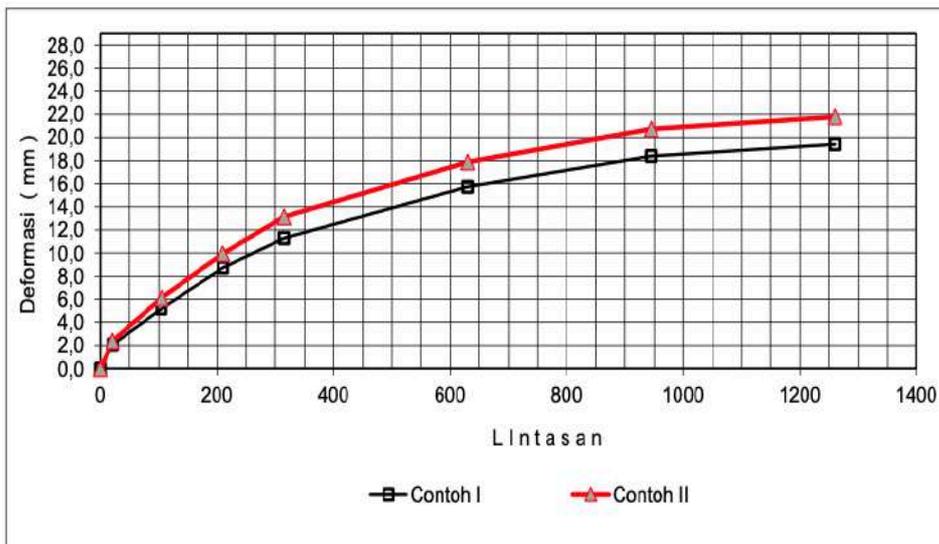


Lampiran 49 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex* 5%

 LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA BALAI BAHAN JALAN	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	
PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Ull a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porus Kode B (5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 29 November 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	2,07	2,38		mm
5	105	5,20	6,12		mm
10	210	8,73	9,96		mm
15	315	11,29	13,13		mm
30	630	15,73	17,88		mm
45	945	18,39	20,74		mm
60	1260	19,42	21,79		mm
DO = Ren Awal		14,30	13,50		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0687	0,0700		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		611,7	600,0		lintasan/mm

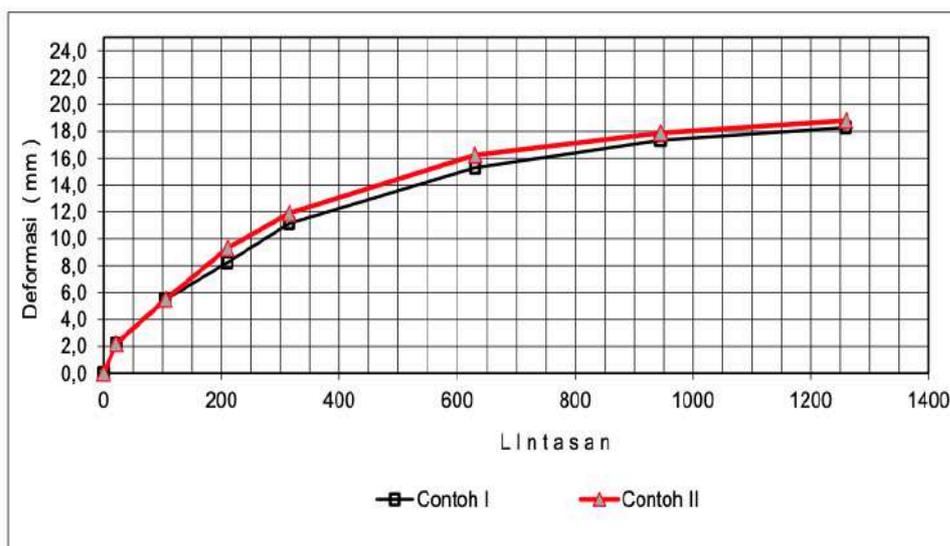


Lampiran 50 Pengujian *Wheel Tracking* Metode Bertahap Pada Campuran Aspal Porus Dengan aditif *Latex* 7,5%

 LABORATORIUM PENGUJIAN BALAI BAHAN JALAN	DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA	No. Formulir	
	BALAI BAHAN JALAN	Terbitan/Revisi	
	PENGUJIAN STABILITAS DINAMIS	Tanggal Revisi	
		Halaman 1 dari 1	

1. No. Order/Contoh : Penelitian S2 (Tesis) Ull a.n Mentari
2. Jenis Contoh Uji : Campuran Beraspal Panas Aspal Porous Kode B (7,5%)
3. Jenis Pekerjaan : Perencanaan Campuran Beraspal Panas
4. Diterima tanggal : 26 November 2022
5. Di uji tanggal : 30 November 2022
6. Metode uji : **JRA, 1980**
7. Hasil pengujian :

Waktu	Passing	Jenis contoh uji			Satuan
		Contoh I	Contoh II		
0	0	0,00	0,00		mm
1	21	2,18	2,20		mm
5	105	5,48	5,50		mm
10	210	8,24	9,31		mm
15	315	11,15	11,91		mm
30	630	15,29	16,23		mm
45	945	17,34	17,88		mm
60	1260	18,28	18,80		mm
DO = Ren Awal		14,00	14,10		mm
RD = Kecepatan Deformasi		0,0627	0,0613		mm/menit
DS = Dinamis Stabilitas		670,2	684,8		lintasan/mm



Lampiran 51 Analisis ANOVA Karakteristik Aspal

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Berat Jenis	Between Groups	.000	1	.000	.019	.903
	Within Groups	.003	2	.002		
	Total	.003	3			
Penetrasi	Between Groups	86.490	1	86.490	216.225	.005
	Within Groups	.800	2	.400		
	Total	87.290	3			
Daktalitas	Between Groups	25.000	1	25.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	25.000	3			
Titik Nyala	Between Groups	1936.000	1	1936.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	1936.000	3			
Titik Bakar	Between Groups	1936.000	1	1936.000	.	.
	Within Groups	.000	2	.000		
	Total	1936.000	3			
Kelarutan TCE	Between Groups	1.525	1	1.525	9.350	.092
	Within Groups	.326	2	.163		
	Total	1.851	3			
Titik Lembek	Between Groups	100.000	1	100.000	50.000	.019
	Within Groups	4.000	2	2.000		
	Total	104.000	3			



Lampiran 52 Analisis *TWO WAY ANOVA*

		Multivariate Tests ^a				
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1,000	16613054164,46 5 ^b	8,000	1,000	,000
	Wilks' Lambda	,000	16613088870,17 2 ^b	8,000	1,000	,000
	Hotelling's Trace	132904710961,3 74	16613088870,17 2 ^b	8,000	1,000	,000
	Roy's Largest Root	132904710961,3 74	16613088870,17 2 ^b	8,000	1,000	,000
METODE.PENCAMPURAN	Pillai's Trace	,831	,617 ^b	8,000	1,000	,761
	Wilks' Lambda	,169	,617 ^b	8,000	1,000	,761
	Hotelling's Trace	4,934	,617 ^b	8,000	1,000	,761
	Roy's Largest Root	4,934	,617 ^b	8,000	1,000	,761
KADAR	Pillai's Trace	2,615	2,545	24,000	9,000	,073
	Wilks' Lambda	,000	2,075	24,000	3,502	,275
	Hotelling's Trace	.	.	24,000	.	.
	Roy's Largest Root	44,669	16,751 ^c	8,000	3,000	,020
METODE.PENCAMPURAN *	Pillai's Trace	2,293	1,216	24,000	9,000	,398
KADAR	Wilks' Lambda	,005	,762	24,000	3,502	,706
	Hotelling's Trace	.	.	24,000	.	.
	Roy's Largest Root	15,846	5,942 ^c	8,000	3,000	,085

a. Design: Intercept + METODE.PENCAMPURAN + KADAR + METODE.PENCAMPURAN * KADAR

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.



Lampiran 53 Analisis *TWO WAY ANOVA* Perbandingan Metode Konvensional dan Bertahap

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	STABILITAS	86386.045 ^a	7	12338.006	8.616	.003
	FLOW	1.704 ^b	7	.243	2.306	.132
	MQ	10140.060 ^c	7	1448.580	6.066	.011
	VIM	6.743 ^d	7	.963	4.040	.034
	VFA	21.927 ^e	7	3.132	3.995	.035
	VMA	5.166 ^f	7	.738	4.041	.034
	DENSITY	.004 ^g	7	.001	4.033	.034
	IRS	383.527 ^h	7	54.790	6.666	.008
	ITS	1118.882 ⁱ	7	159.840	10.081	.002
	TSR	3843.947 ^j	7	549.135	8.351	.004
	CANTABRO	257.339 ^k	7	36.763	4.641	.023
	AFD	.055 ^l	7	.008	21.805	.000
	KECEPATAN DEFORMASI	.004 ^m	7	.001	5.182	.017
	STABILITAS DINAMIS	129125.853 ⁿ	7	18446.550	8.146	.004
Intercept	STABILITAS	4575500.678	1	4575500.678	3195.276	.000
	FLOW	207.180	1	207.180	1962.600	.000
	MQ	361815.483	1	361815.483	1515.055	.000
	VIM	4073.758	1	4073.758	17084.454	.000
	VFA	25150.867	1	25150.867	32075.138	.000
	VMA	11172.331	1	11172.331	61177.714	.000
	DENSITY	64.389	1	64.389	475850.997	.000
	IRS	98411.454	1	98411.454	11972.543	.000
	ITS	22218.138	1	22218.138	1401.263	.000
	TSR	79310.669	1	79310.669	1206.174	.000
	CANTABRO	3160.801	1	3160.801	399.062	.000
	AFD	.619	1	.619	1714.118	.000
	KECEPATAN DEFORMASI	.112	1	.112	1049.939	.000
	STABILITAS DINAMIS	4361794.657	1	4361794.657	1926.285	.000
METODE.PENCAMPURAN	STABILITAS	7318.375	1	7318.375	5.111	.054
	FLOW	.023	1	.023	.217	.654
	MQ	441.042	1	441.042	1.847	.211
	VIM	1.392	1	1.392	5.839	.042
	VFA	4.447	1	4.447	5.671	.044
	VMA	1.068	1	1.068	5.846	.042
	DENSITY	.001	1	.001	5.898	.041
	IRS	69.447	1	69.447	8.449	.020
	ITS	346.351	1	346.351	21.844	.002
	TSR	190.923	1	190.923	2.904	.127
	CANTABRO	2.132	1	2.132	.269	.618
	AFD	.025	1	.025	68.303	.000
	KECEPATAN DEFORMASI	.002	1	.002	16.602	.004
	STABILITAS DINAMIS	66982.098	1	66982.098	29.581	.001
KADAR	STABILITAS	70989.950	3	23663.317	16.525	.001
	FLOW	.998	3	.333	3.150	.086
	MQ	9648.349	3	3216.116	13.467	.002
	VIM	4.978	3	1.659	6.959	.013
	VFA	16.345	3	5.448	6.948	.013
	VMA	3.813	3	1.271	6.959	.013
	DENSITY	.003	3	.001	6.936	.013
	IRS	231.093	3	77.031	9.371	.005
	ITS	669.621	3	223.207	14.077	.001
	TSR	3316.341	3	1105.447	16.812	.001
	CANTABRO	229.032	3	76.344	9.639	.005
	AFD	.025	3	.008	23.544	.000
	KECEPATAN DEFORMASI	.000	3	.000	1.384	.316
	STABILITAS DINAMIS	10329.304	3	3443.101	1.521	.282

Lanjutan Lampiran 53 Analisis *TWO WAY ANOVA* Perbandingan Metode Konvensional dan Bertahap

METODE_PENCAMPURAN * KADAR	STABILITAS	8057.721	3	2685.907	1.876	.212
	FLOW	.683	3	.228	2.158	.171
	MQ	50.669	3	16.890	.071	.974
	VIM	.373	3	.124	.521	.680
	VFA	1.136	3	.379	.483	.703
	VMA	.285	3	.095	.521	.680
	DENSITY	.000	3	6.890E-5	.509	.687
	IRS	82.987	3	27.662	3.365	.075
	ITS	102.911	3	34.304	2.163	.170
	TSR	336.683	3	112.228	1.707	.242
	CANTABRO	26.175	3	8.725	1.102	.403
	AFD	.005	3	.002	4.567	.038
	KECEPATAN DEFORMASI	.002	3	.001	5.173	.028
	STABILITAS DINAMIS	51814.451	3	17271.484	7.628	.010
	Error	STABILITAS	11455.661	8	1431.958	
FLOW		.845	8	.106		
MQ		1910.508	8	238.813		
VIM		1.908	8	.238		
VFA		6.273	8	.784		
VMA		1.461	8	.183		
DENSITY		.001	8	.000		
IRS		65.758	8	8.220		
ITS		126.846	8	15.856		
TSR		526.031	8	65.754		
CANTABRO		63.365	8	7.921		
AFD		.003	8	.000		
KECEPATAN DEFORMASI		.001	8	.000		
STABILITAS DINAMIS		18114.850	8	2264.356		
Total		STABILITAS	4673322.385	16		
	FLOW	209.728	16			
	MQ	373866.051	16			
	VIM	4082.409	16			
	VFA	25179.068	16			
	VMA	11178.958	16			
	DENSITY	64.393	16			
	IRS	98860.740	16			
	ITS	23463.867	16			
	TSR	83680.648	16			
	CANTABRO	3481.504	16			
	AFD	.677	16			
	KECEPATAN DEFORMASI	.116	16			
	STABILITAS DINAMIS	4509035.361	16			
	Corrected Total	STABILITAS	97821.707	15		
FLOW		2.548	15			
MQ		12050.568	15			
VIM		8.651	15			
VFA		28.200	15			
VMA		6.627	15			
DENSITY		.005	15			
IRS		449.285	15			
ITS		1245.729	15			
TSR		4369.979	15			
CANTABRO		320.704	15			
AFD		.058	15			
KECEPATAN DEFORMASI		.005	15			
STABILITAS DINAMIS		147240.704	15			

Lampiran 54 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



Aspal / bitumen



Piknometer



Timbangan Digital

Lampiran 55 Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal



Stopwatch



Termometer



Senter



Cawan Berisi Aspal



Alat Penetrasi

Lampiran 56 Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal



Mesin Uji Daktilitas



Termometer

Lampiran 57 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



Alat pengujian titik nyala dan titik bakar aspal



Termometer

Lampiran 58 Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE



Pengaduk



Larutan TCE



Bekker Glass



Timbangan Digital



Alat / Pompa Hisap



Oven



Kertas Saring



Aspal / Bitumen

Lampiran 59 Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



StopWatch



Bejana Gelas



Termometer



Alat Pemanas



Cincin Kuningan

Lampiran 60 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



Timbangan + Keranjang kawat



Oven

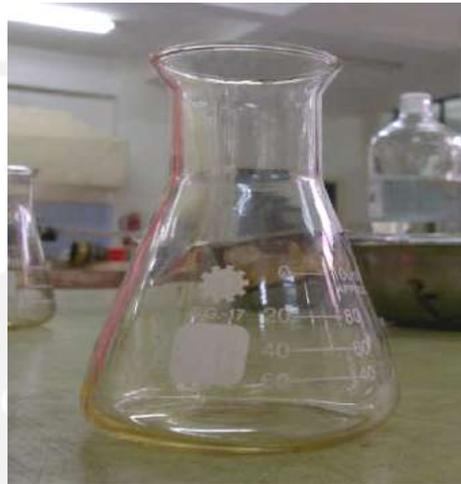


Kain Lap

Lampiran 61 Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



Cone dan Penumbuk



Piknometer



Oven



Timbangan

Lampiran 62. Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal



Termometer



Oven



Bekker Glass

Lampiran 63 Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat



Mesin *Los Angeles*



Bola Baja



Timbangan



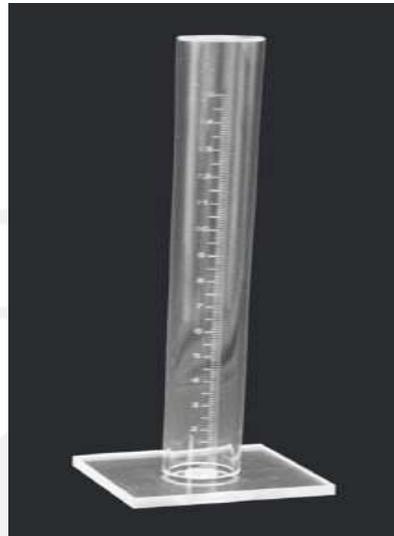
Oven

الجمهورية العربية السورية
الجامعة الإسلامية
الدرعية

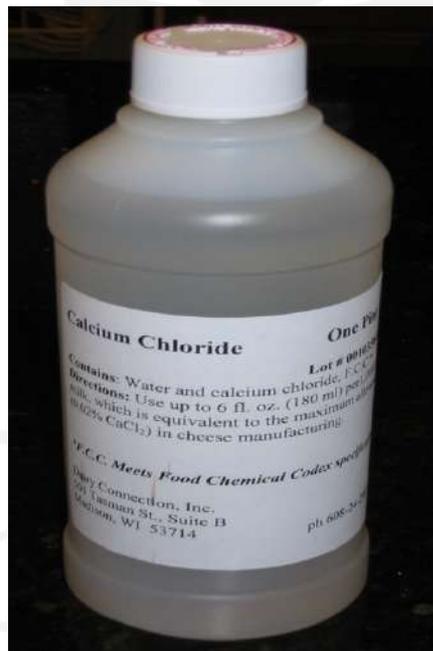
Lampiran 64. Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent*



1 Set Alat Pengujian



Silinder Ukur



Larutan CaCl_2

Lampiran 65. Gambar Alat Analisis Saringan



Saringan



Kuas



Alat Penguncang saringan



Cetok dan Wadah



Timbangan

الجمهورية الإسلامية الجزائرية

Lampiran 66. Gambar Alat Pembuatan Sampel



Satu set Alat Penumbuk



Wajan dan Pengaduk



Mold



Ejector (Hydrolic Pump)



Sarung Tangan

Lampiran 67. Gambar Alat Pengujian Marshall dan Immersion



Water Bath dan Sarung Tangan



Alat Pengujian Marshall dan Immersion



Timbangan + keranjang



Kain Lap

Lampiran 68. Gambar Alat Pengujian ITS



Alat Waterbath



Alat Uji Marshall



Timbangan Digital

Lampiran 69. Gambar Alat Pengujian *Wheel Tracking*



Agregat ditimbang

Aspal yang dipanaskan dan ditimbang



Agregat di oven

alat pencampuran

alat pemadatan



Benda uji siap diuji

alat wheel Tracking

Lampiran 69 Metode Pencampuran Konvensional



Timbang agregat



Panaskan agrgat 155°C



Panaskan Aspal 177°C



Campurkan agregat dan aspal



aduk sampai merata

Lampiran 70 Metode Pencampuran Bertahap



Timbang agregat pisahkan kasar, halus dan filler



Panaskan agregat kasar dan halus dan oven filler



Panaskan aspal



1. Campurkan agregat kasar dan aspal terlebih dahulu dan aduk merata



2. Campurkan filler kemudian aduk merata



3. Campurkan agregat halus dan aduk merata