

TUGAS AKHIR
PENGARUH BERBAGAI METODE PENCAMPURAN TERHADAP
KARAKTERISTIK CAMPURAN SUPERPAVE DAN ASPAL PORUS
(THE EFFECT OF VARIOUS MIXING METHODS ON SUPERPAVE
PAVEMENT AND POROUS PAVEMENT)

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



Alan Tri Wahyudi

15 511 128

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

2019

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BERBAGAI METODE PENCAMPURAN TERHADAP
KARAKTERISTIK CAMPURAN *SUPERPAVE* DAN ASPAL PORUS**

***(THE EFFECT OF VARIOUS MIXING METHODS ON SUPERPAVE
PAVEMENT AND POROUS PAVEMENT)***

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

Disusun oleh

**Alan Tri Wahyudi
15511128**

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

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

NIK: 955110103

Penguji I

Ir. Subarkah, M.T.

NIK: 865110101

Penguji II

Ir. Corry Yacub, M.T.

NIK: 815110102

Mengesahkan,



Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amim Yuniastuti, M.T

NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

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

Yogyakarta, 10 Maret 2021

Yang membuat pernyataan,



Alan Tri Wahyudi

(15511128)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Variasi Metode Pencampuran Terhadap Karakteristik Campuran *Superpave* dan Aspal Porus. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Ketua Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Subarkah Ir., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Kepala Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Corry Ya'cub, Ir.,M.T., dan Ibu Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II
4. Bapak Sukamto H.M dan Bapak Pranoto, selaku laboran Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Yunardi Aziz dan Ibu Silis Miarti selaku orang tua penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Effri Vernandest, S.T., M.Eng., Arie Dwi Permana, S.Ars., M.Ars. dan Atika Ayu Listari selaku saudara kandung penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

7. M. Abdul Hadi, Yantika Esa Putri, Melina Gustin P., Runi Chaerunisa, Desy Setiawati, Rahma Aulia Sodiq, Kheny Lawrent Nurumi, Aisyah Rahmadanti selaku rekan seperjuangan penulis yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Semua pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 9 Mei 2020

Penulis,



Alan Tri Wahyudi

15511128



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Pernyataan Bebas Plagiasi	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kinerja Perkerasan Aspal Superpave dan Aspal Porus	5
2.2 Kinerja Perkerasan dengan Berbagai Metode Pencampuran	6

2.3	Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang telah dilakukan	10
BAB III		11
LANDASAN TEORI		11
3.1	Perkerasan Jalan	11
3.2	Lapis Permukaan	11
3.3	Bahan Penyusun Lapis Permukaan	11
3.3.1	Aspal	12
3.3.2	Agregat	13
3.4	<i>Superpave Asphalt</i>	13
3.5	Penentuan Kadar Aspal Campuran <i>Superpave</i>	15
3.6	<i>Porous Asphalt</i>	18
3.7	Penentuan KAO Campuran Aspal Porus	20
3.8	Karakteristik <i>Marshall Test</i>	20
3.8.1	<i>Void In Total Mix (VITM)</i>	20
3.8.2	<i>Void In Mineral Agregate (VMA)</i>	21
3.8.3	<i>Void Filled With Asphalt (VFMA)</i>	22
3.8.4	Kelelehan (<i>Flow</i>)	22
3.8.5	Kepadatan (<i>Density</i>)	23
3.8.6	Stabilitas (<i>Stability</i>)	23
3.8.7	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	24

3.9	<i>Indirect Tensile Strenght (ITS)</i>	25
3.10	<i>Index of Retained Strenght (IRS)</i>	25
3.11	<i>Tensile Strenght Retained (TSR)</i>	26
3.12	<i>Cantabro Test</i>	26
3.13	<i>Asphalt Flow Down</i>	27
BAB IV		28
METODE PENELITIAN		28
4.1	Metode Penelitian	28
4.2	Tahapan Penelitian	28
4.3	Langkah-Langkah Penelitian	29
4.4	Peralatan Penelitian	31
4.5	Variasi dan Jumlah Sampel Penelitian	36
4.6	Analisis Data	37
4.7	Bagan Alir Penelitian	38
BAB V		40
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		40
5.1	Hasil Penelitian	40
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	40
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	41
5.1.3	Hasil Pengujian Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i>	42

5.1.4	Hasil Pengujian Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus	43
5.1.5	Hasil Pengujian Campuran <i>Superpave</i> dan Campuran Aspal Porus pada Kadar Aspal Optimum Terhadap Variasi Metode Pencampuran	46
5.1.6	Hasil Analisis Anova	48
5.2	Pembahasan	50
5.2.1	Karakteristik Agregat Kasar	50
5.2.2	Karakteristik Agregat Halus	51
5.2.3	Karakteristik Aspal	52
5.2.4	Tinjauan Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO Campuran <i>Superpave</i>	54
5.2.5	Tinjauan Karakteristik untuk Mencari KAO Campuran Aspal Porus	60
5.2.6	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kinerja Campuran pada KAO	63
5.2.6.1	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i>	63
5.2.6.2	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kuat Tarik Tak Langsung	70
5.2.6.3	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Keawetan	71

5.2.6.4 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap disintegrasi (<i>CL</i>)	73
5.2.7 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Keseluruhan Karakteristik Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	75
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	76
6.1 Simpulan	81
6.2 Saran	82
Daftar Lampiran	83



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian tentang Metode Pencampuran	7
Tabel 3.1	Persyaratan Aspal AC 60/70	12
Tabel 3.2	Batas Gradasi Campuran dengan Ukuran Maksimum 19 mm	14
Tabel 3.3	Gradasi Agregat Campuran <i>Superpave</i> Ukuran Maksimum 19 mm	15
Tabel 3.4	Spesifikasi <i>Superpave</i>	18
Tabel 3.5	Spesifikasi Aspal Porus	19
Tabel 3.6	Tipikal Nilai Tengah Gradasi	19
Tabel 3.7	Spesifikasi Penentuan KAO Campuran Aspal Porus	20
Tabel 4.1	Detail Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 4,5 %	32
Tabel 4.2	Detail Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5 %	33
Tabel 4.3	Detail Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5 %	34
Tabel 4.4	Detail Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6 %	35
Tabel 4.5	Detail Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5 %	36
Tabel 4.6	Jumlah Benda Uji untuk Memperoleh Nilai KAO	37
Tabel 4.7	Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian Pada KAO	37
Tabel 5.1	Data Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70	40
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	41
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Agregat Medium	41

Tabel 5.4	Hasil Pengujian Agregat Halus	41
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i>	42
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus	44
Tabel 5.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	47
Tabel 5.8	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	47
Tabel 5.9	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>Superpave</i>	47
Tabel 5.10	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal Porus	48
Tabel 5.11	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength</i>	48
Tabel 5.12	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>TSR</i>	48
Tabel 5.13	Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Anova untuk Pengaruh Metode Pencampuran Terhadap <i>Indirect Tensile Strength</i> , <i>Index of Retained Strength</i> , <i>Cantabro</i> dan <i>TSR</i>	49
Tabel 5.14	Rekapitulasi Hasil Uji Statistik Anova untuk Pengaruh Metode Pencampuran Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i>	49
Tabel 5.15	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran <i>Superpave</i> dan Campuran Aspal Porus	75
Tabel 5.16	Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran <i>Superpave</i> dan Campuran Aspal Porus	76

Tabel 5.17	Perbandingan Kinerja Campuran <i>Superpave</i> dengan Berbagai Metode Pencampuran	77
Tabel 5.18	Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Porus dengan Berbagai Metode Pencampuran	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Zona Larangan untuk Gradasi <i>Superpave</i>	14
Gambar 3.2	Gradasi Agregat Campuran <i>Superpave</i> Ukuran Nominal Maksimum 19 mm	16
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5.1	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i>	43
Gambar 5.2	Interpolasi <i>Cantabro Loss</i> Untuk Mencari <i>AOC Max</i>	44
Gambar 5.3	Interpolasi <i>VITM</i> untuk Mencari <i>AOC Min</i>	45
Gambar 5.4	Plotting <i>AOC</i> untuk Mendapatkan Nilai <i>AFD</i>	46
Gambar 5.5	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	54
Gambar 5.6	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	55
Gambar 5.7	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	56
Gambar 5.8	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	57
Gambar 5.9	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	58
Gambar 5.10	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	59
Gambar 5.11	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i>	60
Gambar 5.12	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> Campuran Aspal Porus	61
Gambar 5.13	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Cantabro Loss</i>	62
Gambar 5.14	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>AFD</i>	63

Gambar 5.15	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>VITM</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	64
Gambar 5.16	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>VMA</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	65
Gambar 5.17	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>VFWA</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	66
Gambar 5.18	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>Density</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	67
Gambar 5.19	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>Flow</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	68
Gambar 5.20	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	69
Gambar 5.21	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>MQ</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	70
Gambar 5.22	<i>Bar Chart</i> Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai <i>ITS</i> pada Campuran <i>Superpave</i> dan Aspal Porus	71

- Gambar 5.23 *Bar Chart* Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *IRS* pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus 72
- Gambar 5.24 *Bar Chart* Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *TSR* pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus 73
- Gambar 5.25 *Bar Chart* Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Cantabro Loss* pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus 74



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemeriksaan Penetrasi Aspal	84
Lampiran 2	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	85
Lampiran 3	Pemeriksaan Daktilitas Aspal	86
Lampiran 4	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	87
Lampiran 5	Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam <i>TCE</i>	88
Lampiran 6	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	89
Lampiran 7	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	90
Lampiran 8	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Aspal	91
Lampiran 9	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test)	92
Lampiran 10	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	93
Lampiran 11	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i>	94
Lampiran 12	Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	95
Lampiran 13	Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Superpave</i>	96
Lampiran 14	Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus	97
Lampiran 15	Pengujian <i>Immersion Test</i> Campuran <i>Superpave</i>	98
Lampiran 16	Pengujian <i>Immersion Test</i> Campuran Aspal Porus	99
Lampiran 17	Pengujian <i>ITS</i> pada Campuran <i>Superpave</i>	100
Lampiran 18	Pengujian <i>ITS</i> pada Campuran Aspal Porus	101

Lampiran 19	Pengujian <i>Cantabro Loss</i>	102
Lampiran 20	Pengujian <i>TSR</i> pada Campuran <i>Superpave</i>	103
Lampiran 21	Pengujian <i>TSR</i> pada Campuran Aspal Porus	104
Lampiran 22	Hasil Analisis <i>VITM</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	105
Lampiran 23	Hasil Analisis <i>VITM</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	106
Lampiran 24	Hasil Analisis <i>VMA</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	107
Lampiran 25	Hasil Analisis <i>VMA</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	108
Lampiran 26	Hasil Analisis <i>VFWA</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	109
Lampiran 27	Hasil Analisis <i>VFWA</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	110
Lampiran 28	Hasil Analisis <i>Density</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	111
Lampiran 29	Hasil Analisis <i>Density</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	112
Lampiran 30	Hasil Analisis <i>Flow</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	113
Lampiran 31	Hasil Analisis <i>Flow</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	114
Lampiran 32	Hasil Analisis Stabilitas Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	115
Lampiran 33	Hasil Analisis Stabilitas Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	116
Lampiran 34	Hasil Analisis <i>MQ</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	117
Lampiran 35	Hasil Analisis <i>MQ</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	118
Lampiran 36	Hasil Analisis <i>ITS</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	119
Lampiran 37	Hasil Analisis <i>ITS</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	120
Lampiran 38	Hasil Analisis <i>Cantabro</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	121

Lampiran 39	Hasil Analisis <i>Cantabro</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	122
Lampiran 40	Hasil Analisis <i>TSR</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	123
Lampiran 41	Hasil Analisis <i>TSR</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	124
Lampiran 42	Hasil Analisis <i>IRS</i> Campuran <i>Superpave</i> dengan <i>Anova</i>	125
Lampiran 43	Hasil Analisis <i>IRS</i> Campuran Aspal Porus dengan <i>Anova</i>	126



ABSTRAK

Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal yaitu stabilitas, durabilitas atau keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan dan lainnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik dari perkerasan yaitu metode pencampuran. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan berbagai metode pencampuran pada perkerasan dengan campuran *superpave* dan aspal porus melalui pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss*, *ITS*, *IRS*, dan *TSR*.

Penelitian dimulai dengan menguji sifat fisik dari aspal Pen 60/70, dan agregat, kemudian mencari nilai KAO untuk campuran *superpave* dan campuran aspal porus, kemudian melakukan pengujian *Marshall*, *ITS*, *IRS*, *Cantabro Loss*, dan *TSR* menggunakan berbagai metode pencampuran yaitu metode 1 (konvensional), metode 2 (agregat kasar + aspal, disusul agregat lain), dan metode 3 (agregat kasar + medium + aspal, disusul agregat lain).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengujian *Marshall* campuran *superpave* untuk nilai stabilitas terbaik yaitu menggunakan metode pencampuran 3 tahap (1373,63 kg), sedangkan untuk campuran aspal porus terbaik yaitu menggunakan metode konvensional (508,42 kg). Nilai terbaik untuk pengujian *ITS* campuran *superpave* yaitu menggunakan metode konvensional (20,44 kg/cm), sedangkan untuk campuran aspal porus yaitu menggunakan metode pencampuran 2 tahap (5,94 kg/cm). Nilai *IRS* terbaik untuk campuran *superpave* yaitu menggunakan metode pencampuran 3 tahap (91,26 %), sedangkan untuk campuran aspal porus yaitu menggunakan metode pencampuran 3 tahap (68,57 %). Nilai *TSR* terbaik untuk campuran *superpave* yaitu menggunakan metode konvensional (71,71 %), sedangkan untuk campuran aspal porus yaitu menggunakan metode konvensional (89,71 %). Nilai *Cantabro Loss* terbaik untuk campuran *superpave* yaitu menggunakan metode pencampuran 3 tahap (2,37 %), sedangkan untuk campuran aspal porus yaitu menggunakan metode konvensional (24,78 %). Berdasarkan hasil parameter pengujian dapat disimpulkan bahwa untuk campuran *superpave* disarankan menggunakan metode pencampuran 3 tahap, sedangkan untuk campuran aspal porus disarankan menggunakan metode konvensional.

Kata Kunci: metode pencampuran, *superpave*, aspal porus, pencampuran bertahap

ABSTRACT

The characteristics that must be possessed by asphalt concrete mixtures are stability, durability or durability, flexibility, resistance to fatigue and others. One of the factors that influence the characteristics of the pavement is the mixing method. The purpose of this study was to determine the effect of using various mixing methods on pavements with a mixture of superpave and porous asphalt through Marshall, Cantabro Loss, ITS, IRS, and TSR testing.

The research was started by testing the physical properties of Pen 60/70 asphalt and aggregate, then looking for the KAO value for the superpave mixture and the porous asphalt mixture, then conducting Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss, and TSR tests using various mixing methods, namely method 1 (conventional), method 2 (coarse aggregate + asphalt, followed by other aggregates), and method 3 (coarse aggregate + medium + asphalt, followed by other aggregates).

The results showed that the Marshall test results on the superpave mixture for the best stability value were using the 3-stage mixing method (1373.63 kg), while the best porous asphalt mixture was using the conventional method (508.42 kg). The best value for ITS testing on the superpave mixture is using the conventional method (20.44 kg / cm), while for the porous asphalt mixture using the 2-stage mixing method (5.94 kg / cm). The best IRS value for the superpave mixture was using the 3-stage mixing method (91.26%), while for the porous asphalt mixture, the 3-stage mixing method (68.57%) was used. The best TSR value for the superpave mixture was using the conventional method (71.71%), while for the porous asphalt mixture using the conventional method (89.71%). The best Cantabro Loss value for the superpave mixture was using the 3-stage mixing method (2.37%), while for the porous asphalt mixture, the conventional method was used (24.78%). Based on the results of the test parameters, it can be concluded that for the superpave mixture it is recommended to use the 3-stage mixing method, while for the porous asphalt mixture it is recommended to use the conventional method.

Key words: *mixing, mixing method, superpave, porous, mixing sequence*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi jalan yang dibangun di Indonesia sebagian besar mempergunakan perkerasan lentur (*flexibel pavement*) yaitu konstruksi beton aspal. Indonesia merupakan salah satu negara yang menggunakan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Indonesia merupakan negara dengan beragam budaya dan pariwisata sehingga menarik banyak pengunjung baik wisatawan lokal maupun asing yang menyebabkan peningkatan jumlah penggunaan transportasi sehingga lebih cepatnya terjadi kerusakan jalan oleh karena itu dibutuhkan lapis perkerasan yang mampu memberikan kenyamanan serta kekuatan yang bagus untuk menahan beban. Lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) digunakan sebagai prasarana memberikan pelayanan pada pengendara. Karakteristik perkerasan lentur dipengaruhi metode pencampuran (*mixing*) yang mempengaruhi homogenitas campuran, gradasi agregat, dan jenis aspal (Hesami dkk, 2014).

Bahan perkerasan beton aspal merupakan campuran merata antara agregat dan aspal. Jenis gradasi yang digunakan juga mempengaruhi karakteristik perkerasan. Cara pencampuran serta jenis aspal menentukan kelekatan agregat dengan aspal. Sebagai bahan perekat, apabila kadar aspal tinggi mengakibatkan kelenturan (*flexibility*) dan durabilitas yang baik tapi tidak demikian dengan stabilitas dan kekesatan (*skid resistance*). Dengan demikian maka harus ditentukan campuran antara agregat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan lapisan beton aspal dengan kualitas yang sesuai dengan persyaratan.

Dari isu di atas, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh berbagai metode pencampuran aspal beton dengan gradasi terbuka menggunakan aspal porus dan

gradasi tertutup dengan aspal *superpave*. Kemudian dilakukan pengujian *Marshall*, *Cantabro Test*, *TSR*, *ITS*, dan *IRS*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap karakteristik *Marshall* campuran aspal porus dan *superpave*?
2. Bagaimanakah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)* campuran aspal porus dan *superpave*?
3. Bagaimanakah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap karakteristik *Cantabro Loss* campuran aspal porus dan *superpave*?
4. Bagaimanakah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *Index of Retained Strength (IRS)* campuran aspal porus dan *superpave*?
5. Bagaimanakah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *TSR* campuran aspal porus dan *superpave*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *Marshall* dengan agregat bergradasi terbuka campuran porus dan agregat bergradasi rapat (*superpave*).
2. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai Tarik tak langsung (*Indirect Tensile Strength*) *Loss* campuran aspal porus dan campuran *superpave*.
3. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *Cantabro Loss* dengan agregat bergradasi terbuka campuran porus dan agregat bergradasi rapat (*superpave*).

4. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai kekuatan yang dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman (*Index of Retained Strength*) dengan agregat bergradasi terbuka campuran porus dan agregat bergradasi rapat (*superpave*).
5. Mengetahui pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *TSR* campuran aspal porus dan campuran *superpave*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dengan metode pencampuran yaitu untuk mengetahui besarnya pengaruh metode pencampuran terhadap kekuatan perkerasan gradasi terbuka menggunakan campuran porus dan gradasi tertutup campuran *superpave*, sehingga diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan metode pencampuran terbaik.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Pencampuran yang dilakukan adalah pencampuran secara konvensional, pencampuran agregat kasar dan aspal terlebih dahulu disusul dengan agregat lainnya, dan pencampuran agregat kasar dan medium dengan aspal disusul dengan agregat halus.
2. Gradasi yang dipakai yaitu gradasi terbuka dengan aspal porus dan gradasi rapat dengan aspal *superpave*.
3. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *Marshall*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *TSR* dan *Index of Retained Strength (IRS)*.
4. Agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari Clereng Kulon Progo.
5. Bahan ikat yang digunakan yaitu aspal penetrasi 60/70.

- 6 Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- 7 Variasi metode yang dilakukan sebagai berikut metode 1 yaitu metode konvensional, metode 2 yaitu metode pencampuran 2 tahap, metode 3 yaitu metode pencampuran 3 tahap.



BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Kinerja Perkerasan Aspal *Superpave* dan Aspal Porus

Pengaruh variasi agregat terhadap karakteristik aspal telah diteliti oleh Syehdani (2003). Penelitian tersebut memfokuskan terhadap pengaruh variasi gradasi sesuai Bina Marga 1988, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin rapat gradasi maka nilai *density*, *VFMA*, nilai satabilitas mengalami peningkatan dan nilai *flow*, *VITM*, *VMA* mengalami penurunan.

Pengaruh variasi gradasi juga diteliti oleh Pramono dan Cahyono (1996). penelitian ini memfokuskan tentang pengaruh variasi gradasi batuan berbeda. Campuran dengan variasi gradasi batuan berada diluar batas bawah spesifikasi lebih dapat digunakan sebagai bahan lapis perkerasan.

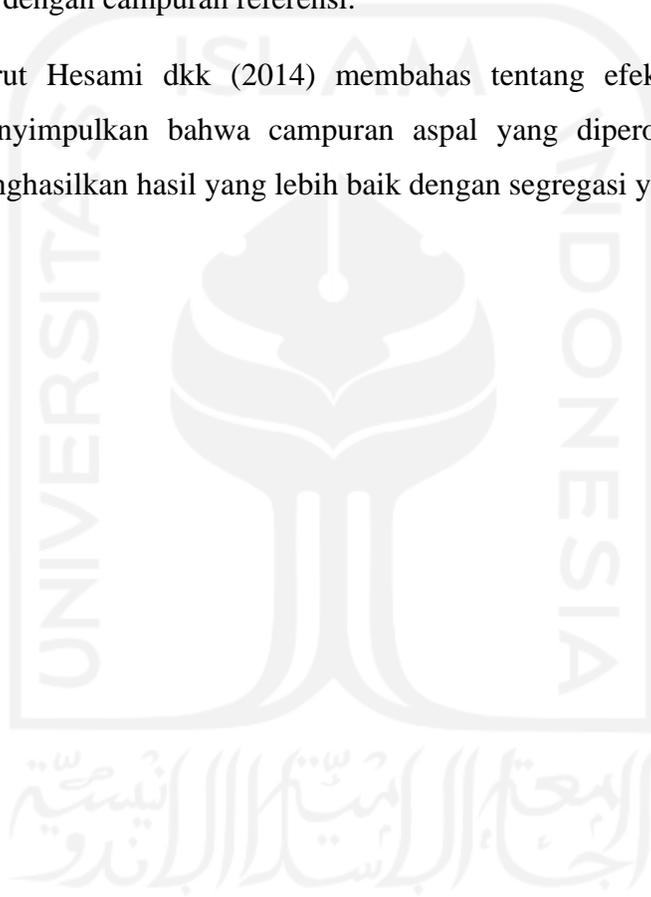
Menurut Arrieta dan Maquilon (2014) dalam jurnal yang membahas tentang resistansi spesimen dari lapisan gesek aspal porus, menyimpulkan bahwa pada campuran aspal porus dengan *Cantabro test dry method* dengan aspal modifikasi dengan *Licomont* sebesar 2% didapat abrasi sebesar 16% dan aspal tidak dimodifikasi sebesar 25%, pada campuran aspal porus dengan *Cantabro test wet method* dengan modifikasi *Licomont* sebesar 2% didapatkan abrasi sebesar 24% dan aspal tidak dimodifikasi sebesar 46%.

Menurut Emsya (2019) yang membahas tentang pengaruh penggunaan *WCO* sebagai peremaja *RAP*, menyimpulkan bahwa nilai kadar peremaja yang bagus dipakai yaitu 3,5%-8% karena menghasilkan campuran yang tidak getas serta sesuai standar Bina Marga 2010.

2.2 Kinerja Perkerasan Aspal dengan Berbagai Metode Pencampuran

Menurut Viman L dkk (2008) membahas tentang pengaruh jangka panjang dari teknik pencampuran *flow*, menyimpulkan bahwa penggunaan teknik pencampuran bernama *flow mixing* menunjukkan penyelimutan agregat yang baik oleh aspal dan pemisahan agregat yang lebih kecil dan lebih lekat (viskositas tinggi) dibandingkan dengan campuran referensi.

Menurut Hesami dkk (2014) membahas tentang efek dari pencampuran bertahap, menyimpulkan bahwa campuran aspal yang diperoleh dengan metode berurutan menghasilkan hasil yang lebih baik dengan segregasi yang kurang.



Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian tentang Metode Pencampuran.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian tentang Metode Pencampuran

No	Aspek	Syehdani (2003)	Pramono dan Cahyono (1996)	Hesami dkk (2014)	Viman L dkk (2008)	Emsya (2019)	Arrieta dan Maquilon (2014)	Wahyudi (2019)
1	Judul	Pengaruh Variasi Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Campuran <i>HRS-B</i> .	Perilaku Campuran Beton Aspal dengan Variasi Gradasi Batuan Berbeda.	<i>Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixtures.</i>	<i>Long Term Performance of Flow Mixng Technique</i>	Pengaruh Penggunaan <i>WCO</i> Sebagai Bahan Peremaja <i>RAP</i> Terhadap Karakteristik <i>RAP</i> -Aspal Baru Bergradasi <i>Superpave</i>	Resistensi Terhadap Degradasi atau Kohesi dalam Uji Cantabro pada Spesimen dari Lapisan Gesek Aspal Porus	Pengaruh variasi metode pencampuran terhadap nilai <i>IRS, ITS</i> , dan <i>Marshall</i>
2	Jenis Campuran	<i>HRS-B</i>	Diluar batas spesifikasi	Stone mastic	<i>Superpave</i> dan Stone mastic	<i>Superpave</i>	Porus	<i>Superpave</i> dan Porus

Sumber: Syehdani (2003), Pramono dan Cahyono (1996), Hesami dkk, Viman L dkk (2008), emsya (2019), Arrieta dan Maquilon (2014).

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Syehdani (2003)	Pramono dan Cahyono (1996)	Hesami dkk (2014)	Viman L dkk (2008)	Emsya (2019)	Arrieta dan Maquilon (2014)	Wahyudi (2019)
3	Tujuan Penelitian	Mengetahui pengaruh variasi gradasi terhadap karakteristik campuran <i>HRS-B</i> .	Mengetahui pengaruh penyimpangan dari penggunaan gradasi yang diluar batas spesifikasi yang telah ditentukan Bina Marga.	Mengetahui pengaruh penambahan <i>Styrofoam</i> sebagai <i>subtitusi</i> aspal	Mengetahui pengaruh teknik flow mixing pada campuran <i>superpave</i> dan <i>stone mastic asphalt</i>	Mengetahui pengaruh variasi bahan peremaja <i>WCO</i> terhadap uji karakteristik <i>Marshall, IRS</i> dan <i>ITS</i>	Mengetahui besar degradasi atau kohesi pada lapisan gesek campuran aspal porus	Mengetahui pengaruh variasi metode pencampuran terhadap karkterisitik <i>Marshall, IRS</i> , dan <i>ITS</i>
4	Jenis Aspal	AC 60-70	AC 60-70	AC 60-70	<i>Bitumen Content</i>	AC 60-70	AC 60-70 dan Modifikasi	AC 60-70

Sumber: Syehdani (2003), Pramono dan Cahyono (1996), Hesami dkk, Viman L dkk (2008), emsya (2019), Arrieta dan Maquilon (2014).

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Aspek	Syehdani (2003)	Pramono dan Cahyono (1996)	Hesami dkk (2014)	Viman L dkk (2008)	Emsya (2019)	Arrieta dan Maquilon (2014)	Wahyudi (2019)
5	Pengujian	<i>Marshall Quotient</i>	<i>Marshall</i>	<i>X-ray (CT), ITS, Viskositas</i>	<i>Stiffnes modulus, noise and texture measurements, dan ITS</i>	<i>Cantabro Test</i>	<i>Marshall, IRS, dan ITS</i>	<i>Marshall, IRS, ITS, Permeabilitas, Cantabro Loss</i>
6	Hasil Penelitian	Nilai <i>density</i> semakin meningkat dari variasi I sampai variasi VII pada kadar aspal yang sama	Nilai perhitungan <i>Marshall</i> untuk luar ring bagian bawah meghasilkan nilai 1194,44 kg/mm yang mendekati nilai campuran ideal 1187,50 kg/mm	campuran aspal yang diperoleh dengan metode berurutan menghasilkan hasil yang lebih baik dengan segregasi yang kurang.	Hasil pengujian menunjukkan penyelimutan agregat oleh aspal yang baik, lebih sedikit pemisahan agregat, dan viskositas tinggi.	campuran aspal porus dengan <i>licomont</i> sebesar 2% memiliki nilai % <i>loss of abrasion</i> lebih kecil dibandingkan dengan campuran aspal porus tanpa modifikasi.	nilai kadar peremaja yang bagus dipakai yaitu 3,5%-8% karena menghasilkan campuran yang tidak getas serta sesuai standar Bina Marga 2010.	Niali pengujian

Sumber: Syehdani (2003), Pramono dan Cahyono (1996), Saleh dkk, Viman L dkk (2008), emsya (2019), Arrieta dan Maquilon (2014).

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang telah Dilakukan

Berikut beberapa perbedaan penelitian yang dilakukan peneliti dengan penelitian terdahulu.

1. Penelitian ini menggunakan parameter variasi metode pencampuran campuran lapisan perkerasan.
2. Penelitian ini menggunakan campuran *Superpave* dan *Porous Asphalt*, sedangkan penelitian sebelumnya menggunakan campuran *HRS-B*, porus, *stone mastic*, dan *Superpave* saja.
3. Penelitian ini menggunakan parameter pengujian berupa *Marshall*, *Indirect of Retained Strength (IRS)*, dan *Indirect Tensile Strength (ITS)*, sedangkan penelitian terdahulu lebih banyak menggunakan *Marshall*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak pada lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan pada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak ada terjadi kerukan berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengelolaan dari bahan penyusun perkerasan sangat diperlukan (Sukirnan, 2003).

3.2 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Bagian perkerasan jalan yang paling atas merupakan lapisan permukaan. Lapisan tersebut berfungsi sebagai berikut.

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban selama masa pelayanannya.
2. Lapisan kedap air, lapisan yang tidak meresapkan air ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapisan aus, lapisan yang menderita gesekan langsung akibat roda kendaraan.
4. Mendistribusikan beban kendaraan sehingga menjadi lebih kecil sehingga dapat ditahan oleh lapisan di bawahnya,

3.3 Bahan Penyusun Lapis Permukaan

Pada lapisan permukaan pada perkerasan lentur terdapat beberapa bahan penyusun, bahan penyusun tersebut terdiri dari 2 jenis yaitu, bahan pokok yang biasa berupa pasir, kerikil, batu pecah dan lain-lain serta bahan ikat berupa aspal, semen *Portland*, dan kapur.

3.3.1 Aspal

Aspal merupakan bahan ikat yang memiliki ciri berupa warna hitam pekat atau coklat tua, dengan unsur utama yaitu bitumen yang diperoleh dari alam maupun dari pengolahan minyak bumi. Aspal merupakan material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, serma memiliki sifat termoplastis sehingga aspal akan mencair apabila dipanaskan sampai dengan temperatur tertentu dan akan kembali keras setelah temperatur turun.

Pada umumnya jenis aspal yang sering digunakan yaitu jenis aspal minyak, salah satunya yaitu aspal penetrasi 60/70. Berdasarkan ketentuan Bina Marga terdapat syarat yang harus dipenuhi untuk aspal AC 60/70, berikut Tabel 3.1 Persyaratan Aspal AC60/70.

Tabel 3.1 Persyaratan Aspal AC 60/70

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

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga 2010

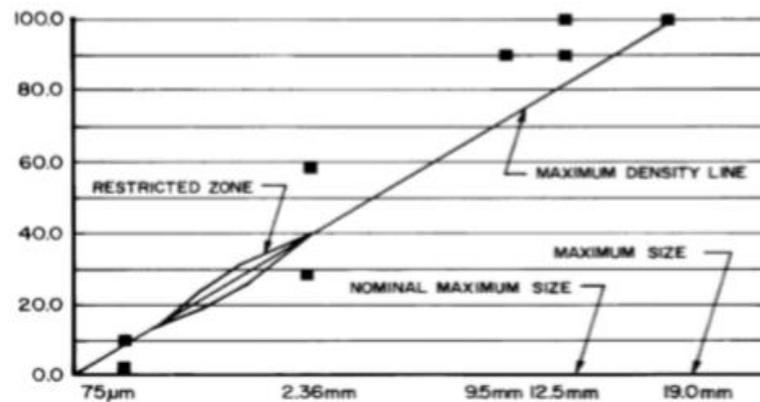
3.3.2 Agregat

Agregat merupakan material yang padat yang digunakan untuk bahan campuran aspal. Dimana didalamnya terdiri dari kerikil, pasir, batu pecah dan agregat halus. Salah satu faktor penentu dalam kekuatan perkerasan menahan beban yaitu sifat-sifat yang ada pada agregat. Agregat memegang peranan penting dalam campuran perkerasan, persen agregat dalam campuran diperkirakan sebesar 90-95% dari presentase berat campuran, sehingga jenis gradasi campuran sangat mempengaruhi performa perkerasan dalam melayani atau memikul beban.

3.4 *Superpave Asphalt*

SHRP (strategic highway research program) menyatakan bahwa *superpave* adalah metode komprehensif untuk desain campuran perkerasan yang disesuaikan dengan persyaratan kinerja yang ditentukan oleh kondisi lalu lintas, lingkungan, dan bagian structural pada lokasi perkerasan tertentu yang dimaksudkan untuk mengurangi efek deformasi plastis dan keretakan awal akibat beban kendaraan atau lalu lintas.

Dalam penentuan atau perencanaan campuran perkerasan dengan gradasi *superpave* terdapat zona larangan yang ditetapkan oleh *SHRP*, zona larangan merupakan zona atau daerah yang tidak boleh dilewati oleh susunan gradasi pada presentase 15-39 % dan ukuran saringan 1.15 mm – 2.36 mm. yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Zona Larangan untuk Gradasi *Superpave*,

Sumber: SHRP A-407 1994

Zona larangan pada gradasi *Superpave* dapat dilihat lebih rinci pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Batas Gradasi Campuran dengan Ukuran Maksimum 19 mm

Ukuran Saringan			Spesifikasi		Zona Larangan	
			Min	Max	Min	Max
3/4 "	19	Mm	100	100		
1/2 "	12,5	Mm	90	100		
3/8 "	9,5	Mm	78	90		
No. 8	2,36	Mm	28	58	39,1	39,1
No. 16	1,18	Mm	14,57	33,21	25,6	25,6
No. 30	0,6	Mm	7,97	25	19,1	19,1
No 50	0,3	Mm	4,56	17	15,5	15,5

Lanjutan Tabel 3.2 Batas Gradasi Campuran Dengan Ukuran Maksimum 19 mm

Ukuran Saringan			Spesifikasi		Zona Larangan	
			Min	Max		Min
No. 200	0,075	Mm	2	10		
Pan			0	0		

Sumber : SHRP A-407 1994

3.5 Penentuan Nilai Kadar Aspal Campuran *Superpave*

Salah satu langkah yang terpenting dalam penelitian adalah penentuan nilai kadar aspal dengan cara menentukan persen gradasi yang kemudian dihitung persen total campurannya, kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan perkiraan kadar aspal optimum rencana. Gradasi campuran *superpave* ukuran nominal maksimum 19 mm dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

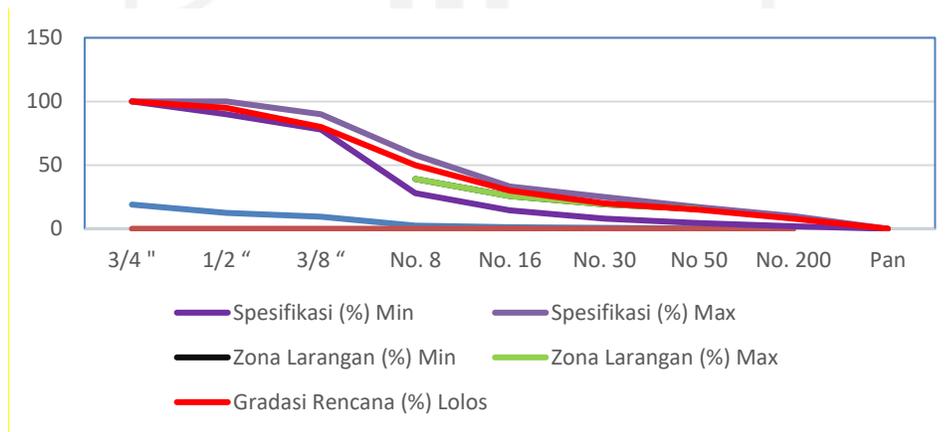
Tabel 3.3 Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal Maksimum 19 mm

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Gradasi Rencana (%)
			Min	Max	Min	Max	Lolos
3/4 "	19	mm	100	100			100
1/2 "	12,5	mm	90	100			95

**Lanjutan Tabel 3.3 Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal
Maksimum 19 mm**

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Gradasi Rencana (%)
			Min	Max	Min		Min
3/8 "	9,5	mm	78	90			80
No. 8	2,36	mm	28	58	39,1	39,1	50
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	25,6	25,6	30
No. 30	0,6	mm	7,97	25	19,1	19,1	20
No 50	0,3	mm	4,56	17	15,5	15,5	15
No. 200	0,075	mm	2	10			8
Pan			0	0			0

Sumber : SHRP A-407 1994



**Gambar 3.2 Gradasi Agregat Campuran *Superpave* ukuran Nominal
Maksimum 19**

Sumber: SHRP A-407 1994

Berdasarkan data yang diperoleh pada perencanaan gradasi, selanjutnya memperkirakan kadar aspal optimum rencana yang dilakukan menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (3.1)$$

Keterangan:

P_b = kadar aspal optimum perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan no. 8,

FA = agregat halus lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no. 200,

FF = agregat halus lolos saringan no. 200, dan

Konstanta = 0,5-1.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (50) + 0,045(42) + 0,18 (8) + 0,5 \\ &= 5,58 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, kadar aspal optimum perkiraan adalah sebesar 5,55 %. Untuk tingkat ketelitian yang valid pada perencanaan maka selanjutnya pengujian kadar air optimum (KAO) digunakan kadar aspal sebesar 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 % dan 6,5 % terhadap beban total campuran yang digunakan. Dalam penentuan nilai KAO dari campuran *superpave* terdapat spesifikasi yang harus terpenuhi, berikut spesifikasi tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Spesifikasi Superpave

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	<i>VITM</i>	3-5
2	<i>VMA</i>	>15
3	<i>VFWA</i>	>65
4	<i>Flow</i>	18-25
5	Stabilitas	>800

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga 2010

3.6 Porous Asphalt

Aspal porus (*Porous Asphalt*) merupakan beraspal panas dengan gradasi terbuka dengan persentase agregat halus yang kecil, persentase agregat kasar yang besar, sehingga menyediakan rongga udara yang besar, rongga udara ini diharapkan dapat meloloskan air jika hujan sehingga air tidak tergenang dipermukaan jalan. (Diana, 1995).

Menurut Affan (2006) menyatakan bahwa campuran aspal porus merupakan campuran beraspal panas antara aspal modifikasi dengan agregat bergradasi terbuka dengan perbandingan tertentu.

Spesifikasi aspal porus menurut *AAPA (Australian Asphalt Pavement Association)* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Spesifikasi Aspal Porus

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji <i>cantabro loss</i> (%)	< 35
2	Uji <i>Asphalt flow down</i> (%)	maks 0,3
3	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	min 500
4	Kelelehan Plastis	2-6
5	Kadar Rongga Udara (%)	18-25
6	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Sumber: AAPA (2004)

Tabel 3.6 berikut adalah tipikal nilai tengah gradasi agregat aspal porus dengan diameter maksimum 20 mm dari AAPA (2004)

Tabel 3.6 Tipikal Nilai Tengah Gradasi

Diameter Saringan (mm)	Diameter Agregat Maksimum 14 mm
	% Berat yang Lolos
19,0	100
13,2	85-100
9,5	45-70
4,75	10-25
2,36	7-15
1,18	6-12
0,6	5-10
0,3	4-8
0,15	3-7
0,075	2-5
Kadar Aspal	4,5-6,0

Sumber: APPA (2004)

3.7 Syarat Penentuan KAO Campuran Aspal Porus

Pada penentuan kadar aspal untuk campuran aspal porus menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)*. Dimana penentuan KAO dengan metode *AAPA* hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu *VIM*, *asphalt flow down*, dan *Cantabro loss*. Nilai penentuan spesifikasi penentuan KAO metode *AAPA* disajikan pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Spesifikasi Penentuan KAO Campuran Aspal Porus

No	Spesifikasi	Syarat	
		Tahun 1997	Tahun 2004
1	<i>Cantabro loss</i> (%)	< 20	< 35
2	<i>Asphalt flow down</i> (%)	< 0,3	< 0,3
3	Kadar rongga (%)	10-25	18-25

Sumber: *AAPA* 2004

Pada pengujian *Cantabro Loss* pada 35% didapatkan nilai *OAC* max kemudian pengujian *VITM* pada 18% didapatkan *OAC* min kemudian hasil dari *OAC* min dan *OAC* max dirata-ratakan kemudian diplot ke uji *Asphalt Flow Down* kemudian didapatkan nilai *AFD*. Kemudian didapatkan KAO dari nilai rata-rata *OAC* ditambahkan nilai *AFD*.

3.8 Karakteristik *Marshall Test*

Berikut merupakan karakteristik *Marshall test* pada pengujian campuran aspal yang dapat diukur dengan beberapa parameter pengujian.

3.8.1 *Void In Total Mix (VITM)*

VITM merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. Nilai *VITM* berkaitan erat dengan karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis. Bila nilai *VITM* terlalu rendah akan

menimbulkan ketidakstabilan dan terjadinya *flow plastis*. Sebaliknya apabila nilai *VITM* terlalu tinggi akan menyebabkan campuran bersifat *porous*, sehingga membuat campuran mudah teroksidasi dan mengalami deformasi plastis.

Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2 dan 3.3 berikut.

$$n = 100 - (100 - \frac{g}{h}) \quad (3.2)$$

$$h = 100 - \left[\frac{100}{\frac{\%Agregat}{BJ Agregat} + \frac{\%Aspal}{BJ Aspal}} \right] \quad (3.3)$$

keterangan:

n = nilai *VITM*,

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

h = berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc).

3.8.2 Void in Mineral Agregate (VMA)

VMA adalah rongga udara antar butiran agregat di dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. *VMA* dapat juga dikatakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan juga sebagai rongga yang diperlukan dalam campuran agregat aspal.

Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.4 dan 3.5 berikut.

$$l = 100 - j \quad (3.4)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ Agregat} \quad (3.5)$$

keterangan:

l = nilai *VMA* (%),

b = persentase aspal terhadap campuran (%), dan

g = berat isi sampel (gr/cc).

3.8.3 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah nilai presentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal yang nilainya akan meningkat berdasarkan nilai kadar aspalnya sampai batas tertentu (kadar aspal optimum).

Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 sampai 3.9 berikut.

$$VFWA = 100 \times \frac{i}{I} \quad (3.6)$$

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

$$j = \frac{(100-b)}{B_j \text{ Agregat}} \times g \quad (3.8)$$

$$I = 100 - j \quad (3.9)$$

Keterangan :

b = persentase aspal terhadap campuran, dan

g = berat isi sampel (gr/cc).

3.8.4 *Kelelahan (Flow)*

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah maka akan cenderung plastis, sebaliknya apabila angka kelelahan tinggi maka akan cenderung bersifat getas dan mudah terjadi keretakan (*cracking*).

3.8.5 *Kepadatan (Density)*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan (nilai berat volume) suatu perkerasan agregat dan aspal. Semakin tinggi nilai *density* pada campuran maka campuran akan dapat menahan beban dengan lebih baik, dikarenakan rongga di dalam campuran akan mengecil dan gesekan antar agregat akan membesar, selain itu dengan nilai *density* yang tinggi maka akan membuat campuran lebih kedap terhadap udara dan air, sehingga sulit teroksidasi.

Nilai *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.10 dan 3.11 berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.10)$$

$$f = d - e \quad (3.11)$$

keterangan :

g = nilai *density* (gr/cc),

c = berat benda uji sebelum direndam (gr),

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

e = berat dalam air (gr), dan

f = volume/isi (cc).

3.8.6 *Stabilitas (Stability)*

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk mehan beban lalu lintas sampai mengalami kelelahan plastis (deformasi). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan terus meningkat sampai batas tertentu (optimum) dan kemudian turun setelah melampaui batas optimum.

Nilai stabilitas diperoleh dari Persamaan 3.12 berikut.

$$Q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.12)$$

keterangan:

q = stabilitas (kg),

p = pembacaan arloji stabilitas \times kalibrasi alat,

s = koreksi tebal benda uji, dan

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

3.8.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan flow. Nilai *Marshall Quotient* menunjukkan kelenturan dari campuran, semakin kecil nilai *MQ* maka semakin lentur campuran tersebut, sebaliknya apabila nilai *MQ* semakin besar maka semakin kaku campuran tersebut.

Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.13 berikut.

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

keterangan:

MQ = nilai *Marshall*

q = nilai stabilitas (Kg), dan

r = nilai *flow* (mm).

3.9 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect Tensile Strength (ITS) Tesr adalah suatu metode untuk mengetahui gaya tarik dari campuran aspal. Sifat uji ini adalah untuk memperkirakan potensial retakan dari kegagalan gaya tarik. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah retakan terjadi.

Uji *Indirect Tensile Strength* menggunakan benda uji berbentuk silindris dengan sebuah beban (dial) yang diletakkan pada atasnya yang bekerja sejajar dan sepanjang bidang vertikal sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji.

Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.14 berikut.

$$ITS = \frac{Pruntuh}{h} \times A_o \quad (3.14)$$

keterangan:

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

Pruntuh = beban puncak (kg),

h = tinggi sampel (cm), dan

Ao = konstanta (table Ao terlampir pada lampiran).

3.10 *Index of Retained Strength (IRS)*

Index of Retained Strenght menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki oleh campuran setelah mengalami proses perendaman.

Nilai *IRS* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.15 berikut.

$$IRS = (S_2/S_1) \times 100 \quad (3.15)$$

Keterangan:

S_1 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman 30 menit (kg), dan

S_2 = rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman 24 jam (kg).

3.11 *Tensile Strength Retained (TSR)*

Nilai *TSR* diperoleh dari perbandingan antara nilai daya tahan tarik campuran setelah direndam selama 24 jam pada waterbath dengan suhu 60°C dengan nilai daya tahan tarik tanpa rendaman yang kemudian dikalikan dengan 100. Sehingga didapatkan Persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$TSR = (T_2/T_1) \times 100 \quad (3.16)$$

Keterangan:

S_1 = rata-rata nilai *ITS* tanpa rendaman, dan

S_2 = rata-rata nilai *ITS* setelah perendaman 24 jam (kg).

3.12 *Cantabro Test*

Cantabro Test merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan. Pada pengujian ini digunakan mesin *Loss Angeles* dengan benda uji yang sudah dipadatkan kedua sisinya sebanyak 2×75 tumbukan. Kemudian benda uji diletakan dalam drum *Loss Angeles* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 putaran.

Nilai *Cantabro* dapat diperoleh dari Persamaan 3.17 berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.17)$$

Dengan:

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

3.13 *Asphalt Flow Down*

Untuk mengetahui nilai kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogeny dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, maka dilakukan uji *AFD*. Dimana nilai *AFD* disyaratkan lebih kecil dari 0,3%.

Untuk menentukan nilai *AFD* digunakan uji pengaliran *asphalt flow down* seperti pada Persamaan 3.18 berikut ini.

$$AFD = \left(\frac{\text{Berat Aspal Meleleh}}{\text{Berat Total Sampel}} \right) \times 100\% \quad (3.18)$$

Keterangan:

AFD = *Asphalt Flow Down*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Penyusunan tugas akhir ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental yang dimaksud adalah metode dengan membuat sampel benda uji dengan jumlah tertentu dan variabel tertentu yang kemudian diuji untuk mendapatkan data. Kemudian data yang didapat diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan standar dan syarat-syarat yang sudah ditetapkan pada peraturan Standar Nasional Indonesia ataupun Bina Marga. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh metode pencampuran pada beton aspal bergradasi *Superpave* dan *porous* terhadap karakteristik *Marshall*, *Indirect of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*.

4.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tahap Persiapan

Dalam tahap ini merupakan proses persiapan bahan serta alat yang digunakan untuk pembuatan sampel.

2. Perancangan Gradasi dan Berat Agregat

Dalam tahap ini merupakan proses perencanaan gradasi dan kebutuhan material yang digunakan.

3. Tahap Pembuatan Sampel

Tahapan pembuatan sampel merupakan proses pembuatan sampel yang harus sesuai dengan perencanaan sebelumnya.

4. Tahap Pengujian Sampel

Tahapan pengujian sampel adalah tahapan-tahapan atau rangkaian pengujian yang sudah ditentukan pada saat perencanaan awal serta sesuai dengan prosedur pengujian serta menggunakan alat yang sudah terkalibrasi untuk dapat menghasilkan data yang valid.

5. Tahapan Analisis Data

Tahapan analisis data merupakan proses rangkaian menganalisis serta mengolah data yang sudah didapatkan dari hasil pengujian sampel sebelumnya. Hasil analisis data kemudian dibandingkan dengan standar-standar yang sudah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) ataupun Bina Marga.

6. Tahapan Kesimpulan

Tahapan kesimpulan merupakan proses penyimpulan hasil perbandingan analisis data dengan standar-standar yang ada, dan hasil perbandingan ini bersifat *final*.

4.3 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat langkah-langkah pengujian serta penentuan kadar aspal optimum guna memenuhi standard dan ketentuan-ketentuan yang berlaku.

1. Pengujian agregat

a. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian ini menggunakan SNI 1969: 2008 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penyerapan air oleh agregat.

b. Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini menggunakan SNI 1970: 2008 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis, berat kering permukaan jenuh, dan berat semu dari agregat.

c. Pengujian Kelekatan Aspal pada Agregat

Pengujian ini menggunakan SNI 06-2439-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui daya lekat suatu agregat terhadap aspal.

d. Pengujian Abrasi (*Loss Angeles*)

Pengujian ini menggunakan SNI 2417: 2008 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keausan agregat.

e. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian ini menggunakan SNI 3423: 2008 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus.

2. Pengujian Aspal

a. Pengujian Titik Lembek Aspal

Pengujian menggunakan SNI 06-2434-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui aspal akan mengalami kelelahan pada temperatur berapa.

b. Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian ini menggunakan SNI 06-2456-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penetrasi aspal yang akan digunakan.

- c. **Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar**
 Pengujian ini menggunakan SNI 06-2433-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan temperature maksimum pemanasan aspal yang akan digunakan sehingga aspal tidak terbakar.
 - d. **Pengujian Berat Jenis Aspal**
 Pengujian ini menggunakan SNI 06-2441-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis campuran antara aspal dan agregat yang nantinya akan berpengaruh pada kelekatan aspal.
 - e. **Pengujian Kelarutan Dalam TCE (*Trichloroethylene*)**
 Pengujian ini menggunakan RSNI M 04-2004 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah aspal yang larut dalam *Trichloroethylene*.
 - f. **Pengujian Daktilitas Aspal**
 Pengujian ini menggunakan SNI 06-2432-1991 sebagai pedoman. Dimana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi pada aspal melalui kemampuan aspal untuk bertambah panjang saat ditarik sampai mengalami putus pada rangkaian pengujiannya.
3. **Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum**
 Pada penentuan kadar aspal optimum digunakan trial dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6 %, dan 6,5% .
 4. **Pembuatan Sampel Berdasarkan Nilai KAO.**
 5. **Pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, Permeabilitas, dan *Cantabro Loss* pada Sampel.**

4.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas

Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang meliputi peralatan untuk pengujian *Marshall Quotient*, *Indirect of Retained Strength (IRS)*, dan *Indirect Tensile Strength (ITS)*. Berikut Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 detail kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal.

Tabel 4.1 Detail Kebutuhan Jumlah Agregat pada Kadar Aspal 4,5 %

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gram)
			Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	mm	100	100			100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100			95	5	5	57,3
3/8 "	9,5	mm	78	90			80	20	15	171,9
No. 8	2,36	mm	28	58	39,1	39,1	50	50	30	343,8
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	25,6	25,6	30	70	20	229,2
No. 30	0,6	mm	7,97	25	19,1	19,1	20	80	10	114,6
No 50	0,3	mm	4,56	17	15,5	15,5	15	85	5	57,3
No. 200	0,075	mm	2	10			8	92	7	80,2
Pan			0	0			0	100		
Total										1146

Tabel 4.2 Detail Kebutuhan Jumlah Agregat pada Kadar Aspal 5 %

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gram)
			Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	mm	100	100			100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100			95	5	5	57
3/8 "	9,5	mm	78	90			80	20	15	171
No. 8	2,36	mm	28	58	39,1	39,1	50	50	30	342
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	25,6	25,6	30	70	20	228
No. 30	0,6	mm	7,97	25	19,1	19,1	20	80	10	114
No 50	0,3	mm	4,56	17	15,5	15,5	15	85	5	57
No. 200	0,075	mm	2	10			8	92	7	79,8
Pan			0	0			0	100		
Total										1140

Tabel 4.3 Detail Kebutuhan Jumlah Agregat pada Kadar Aspal 5,5 %

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gram)
			Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	mm	100	100			100	0	3/4 "	0
1/2 "	12,5	mm	90	100			95	5	1/2 "	56,7
3/8 "	9,5	mm	78	90			80	20	3/8 "	170,1
No. 8	2,36	mm	28	58	39,1	39,1	50	50	No. 8	340,2
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	25,6	25,6	30	70	No. 16	226,8
No. 30	0,6	mm	7,97	25	19,1	19,1	20	80	No. 30	113,4
No 50	0,3	mm	4,56	17	15,5	15,5	15	85	No 50	56,7
No. 200	0,075	mm	2	10			8	92	No. 200	79,38
Pan			0	0			0	100		
Total										1134

Tabel 4.4 Detail Kebutuhan Jumlah Agregat pada Kadar Aspal 6 %

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gram)
			Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	mm	100	100			100	0	0	0
1/2 "	12,5	mm	90	100			95	5	5	56,4
3/8 "	9,5	mm	78	90			80	20	15	169,2
No. 8	2,36	mm	28	58	39,1	39,1	50	50	30	338,4
No. 16	1,18	mm	14,57	33,21	25,6	25,6	30	70	20	225,6
No. 30	0,6	mm	7,97	25	19,1	19,1	20	80	10	112,8
No 50	0,3	mm	4,56	17	15,5	15,5	15	85	5	56,4
No. 200	0,075	mm	2	10			8	92	7	78,96
Pan			0	0			0	100	8	90,24
Total										1128

Tabel 4.5 Detail Kebutuhan Jumlah Agregat pada Kadar Aspal 6,5 %

Ukuran Saringan			Spesifikasi (%)		Zona Larangan (%)		Jumlah Persen (%)		Total Campuran (%)	Berat (gram)
			Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan		
3/4 "	19	mm	100	100			100	0	0	0
1/2 "	12.5	mm	90	100			95	5	5	56,1
3/8 "	9.5	mm	78	90			80	20	15	168,3
No. 8	2.36	mm	28	58	39.1	39.1	50	50	30	336,6
No. 16	1.18	mm	14.57	33.21	25.6	25.6	30	70	20	224,4
No. 30	0.6	mm	7.97	25	19.1	19.1	20	80	10	112,2
No 50	0.3	mm	4.56	17	15.5	15.5	15	85	5	56,1
No. 200	0.075	mm	2	10			8	92	7	78,54
Pan			0	0			0	100	8	89,76
Total										1122

4.5 Variasi dan Jumlah Benda Uji Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode pencampuran konvensional (metode 1), metode pencampuran agregat kasar dan aspal yang di *mix* kemudian disusul agregat lainnya (metode 2), dan metode pencampuran agregat kasar, agregat medium, dan aspal di *mix* kemudian disusul agregat halus (metode 3).

Jumlah total benda uji yang digunakan adalah sebanyak 123 buah, yang diantaranya digunakan untuk mencari nilai KAO sebanyak 51 buah dan untuk 72 buah lainnya untuk tiap pengujian pada KAO. Untuk penjelasan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.6 Jumlah Benda uji untuk Memperoleh Nilai KAO

Jenis Campuran	Kadar Aspal (%)					Jumlah Benda Uji (buah)
	4,5	5	5,5	6	6,5	
<i>Superpave</i>	3	3	3	3	3	15
<i>Porous</i>	9	9	9	9	-	36
Total Benda Uji						51

Tabel 4.7 Jumlah Benda uji untuk Tiap Pengujian Pada KAO

Pengujian	Variasi Pencampuran					
	Metode 1		Metode 2		Metode 3	
	<i>Superpave</i>	<i>Porous Asphalt</i>	<i>Superpave</i>	<i>Porous Asphalt</i>	<i>Superpave</i>	<i>Porous Asphalt</i>
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	3	3	3	3	3
<i>Cantabro Loss</i>	-					
Jumlah	24		24		24	
Total Benda Uji	72					

4.6 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis data Anova., analisis statistik Anova bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi akibat adanya variasi metode pencampuran terhadap perkerasan bergradasi *Superpave* dan *Porous*.

Sehingga hipotesis matematika yang digunakan pada analisis data dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (4.1)$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad (4.2)$$

dimana:

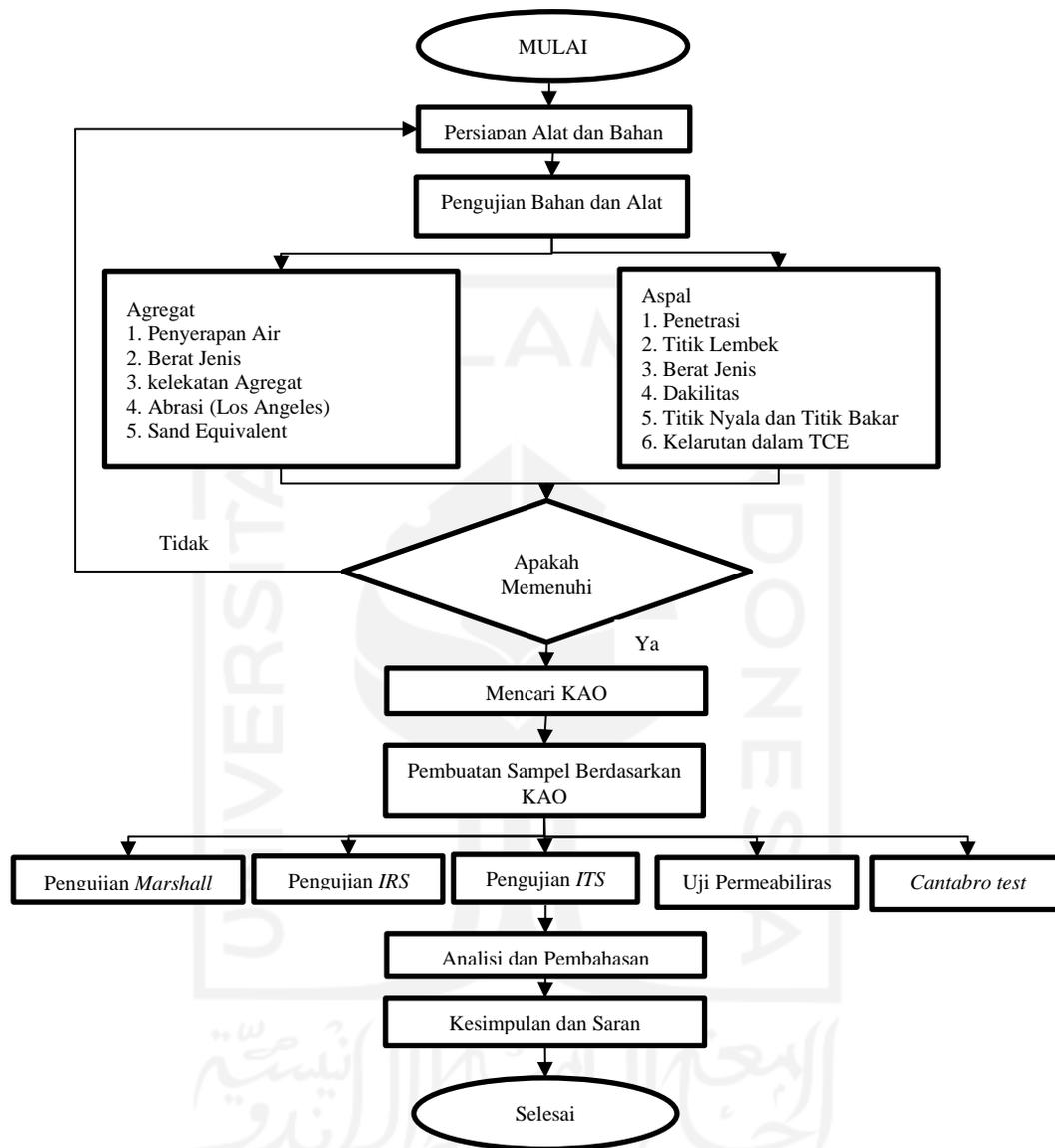
H_0 =Tidak ada perbedaan signifikan terhadap karakteristik campuran *Superpave* dan campuran *Porous* dengan aspal Pen 60/70 akibat adanya variasi metode pencampuran.

H_1 =Ada perbedaan signifikan terhadap karakteristik campuran *Superpave* dan *Porous* dengan aspal Pen 60/70 akibat adanya variasi metode pencampuran.

Jika nilai rasio uji yang didapat berada di daerah penerimaan maka H_0 diterima, begitu juga sebaliknya jika nilai rasio uji yang didapat berada di daerah penolakan maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah bagan yang menunjukkan alir atau tahapan-tahapan dalam penelitian yang dibuat secara singkat dan jelas. Bagan alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari serangkaian penelitian yang telah dilaksanakan, maka diperoleh hasil dari pengujian masing-masing sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal Pen60/70 ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data dari hasil pengujian karakteristik aspal Pen 60/70 disajikan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,038
2	Penetrasi (0,1mm)	60-70	61,5
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	164
4	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	327
5	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	335
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48
7	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,165

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat yang sudah disiapkan di Laboratorium Jalan Raya, Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian untuk tiap agregat disajikan pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,6
2	Penyerapan Air pada Agregat	≤ 3	1,69
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	97
4	Keausan dengan Mesin <i>Loss Angeles</i> (%)	≥ 40	16,62

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Medium

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,578
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	2,862
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	≥ 50	95,043

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	<i>Filler</i>	Hasil
1	Debu Batu	2,553

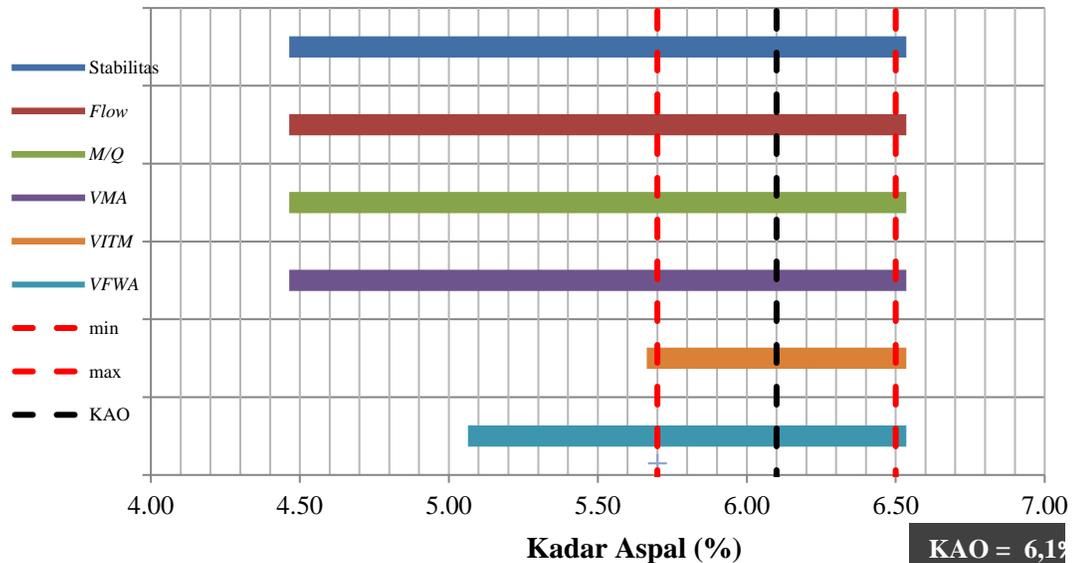
5.1.3 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum untuk Campuran *Superpave*

Data hasil pengujian yang di dapatkan untuk menentukan kadar aspal optimum berupa data nilai kelelehan (*flow*), stabilitas, kepadatan, *VITM* (*Void In Total Mix*), *VMA* (*Void in Mineral Agregat*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), dan *MQ* (*Marshall Quotient*). Hasil pengujian Penentuan KAO dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Penentuan KAO Campuran *Superpave*

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VMA</i> (%)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
4,5	1268,09	3,23	416,43	19,55	9,7	50,53	2,28
5	1335,65	3,07	435,40	18,57	7,42	60,04	2,32
5,5	1348,32	3,30	409,49	18,39	6,04	67,36	2,33
6	1340,44	3,37	398,99	18,43	4,90	73,50	2,35
6,5	1339,28	3,47	387,30	19,10	4,48	76,65	2,34
Spesifikasi	>800	>3	>250	>15	3-5	>65	

Dari Tabel 5.5 hasil pengujian penentuan KAO campuran *Superpave* didapatkan nilai KAO sebesar 6,1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran *Superpave*

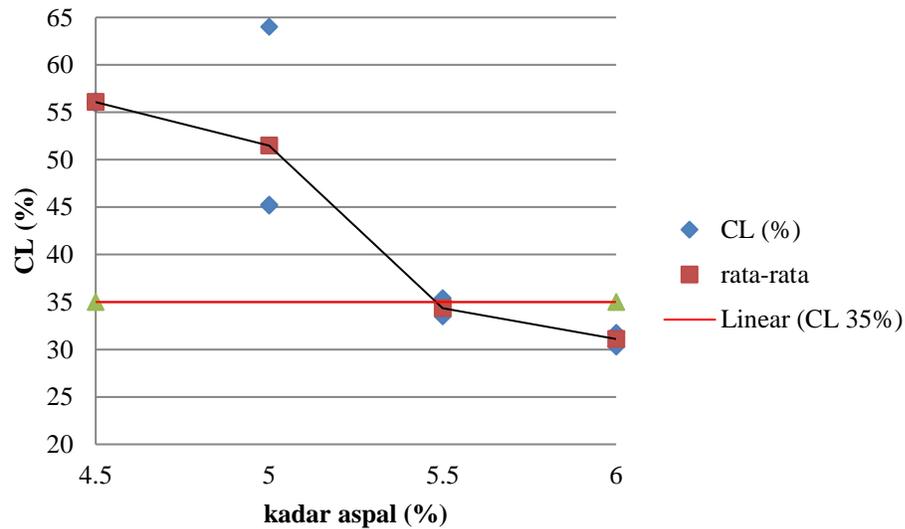
5.1.4 Hasil Pengujian Menentukan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus

Hasil pengujian untuk penentuan kadar aspal optimum pada campuran aspal porus berupa data nilai *VITM* (*Void In Total Mix*), *Cantabro Loss*, dan *AFD* (*Asphalt Flow Down*) pada kadar aspal sesuai spesifikasi menggunakan bahan ikat AC Pen 60/70. Hasil pengujian untuk penentuan kadar aspal optimum untuk campuran aspal porus dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus

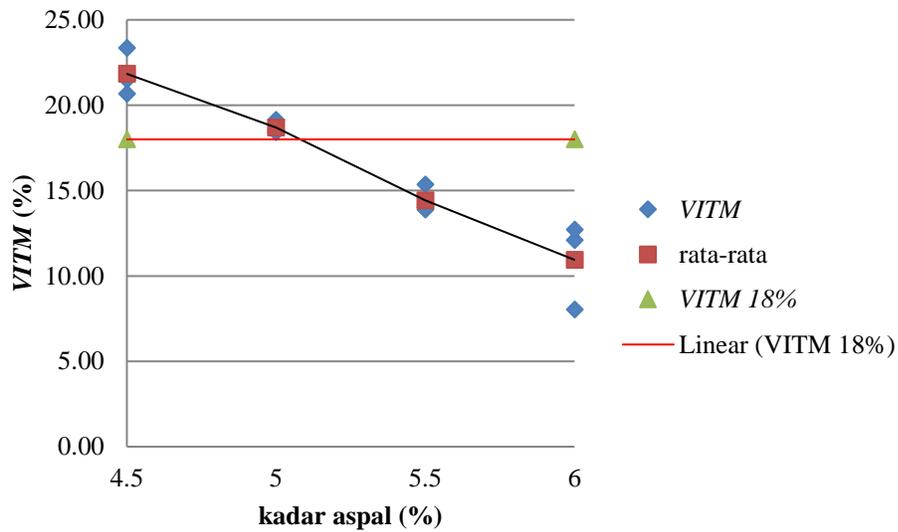
Kadar Aspal (%)	<i>Cantabro Loss</i> (%)	<i>VITM</i> (%)	<i>AFD</i> (%)
4,5	56,07	21,84	0,15
5	51,47	18,70	0,23
5,5	34,35	14,42	0,27
6	31	10,98	0,41
Spesifikasi	< 35	18-25	<0,3

Dari hasil *cantabro loss* diinterpolasi pada 35% sehingga didapat AOC max sebesar 5,48, yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



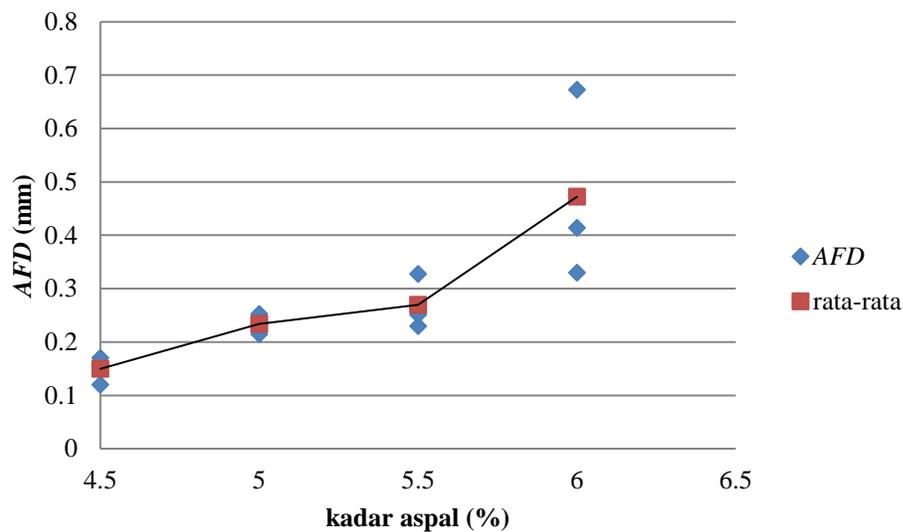
Gambar 5.2 Interpolasi *Cantabro Loss* untuk Mendapatkan AOC Max

Kemudian dari nilai *VITM* diinterpolasi pada 18% sehingga didapatkan AOC min sebesar 5,08 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Interpolasi VITM untuk Mendapatkan AOC Min

dari hasil AOC max dan AOC min di jumlah kemudian dirata-ratakan didapatkan nilai AOC 5,28, kemudian diplotkan di grafik AFD sehingga didapatkan nilai AFD sebesar 0,25, kemudian hasil rata-rata AOC max dan AOC min ditambahkan dengan nilai AFD sehingga didapatkan nilai kadar optimum 5,54 yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Ploting Nilai AOC Untuk mendapatkan Nilai AFD

5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus pada Kadar Aspal Optimum Terhadap Variasi Metode Pencampuran

Pada proses pengujian pada campuran *superpave* dan campuran aspal porus dilakukan variasi metode pencampuran dimana metode 1 berupa pencampuran secara konvensional, metode 2 berupa pencampuran agregat kasar dan bahan ikat terlebih dahulu yang kemudian disusul dengan agregat medium dan halus, dan metode 3 berupa pencampuran agregat kasar, agregat medium, dan bahan ikat yang kemudian disusul dengan agregat halus.

Hasil pengujian pada campuran *superpave* dan campuran aspal porus pada kadar aspal optimum adalah meliputi pengujian *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro*, *Marshall Properties*, *Index of Retained Strength*, dan Permeabilitas. Data rekapitulasi dari masing-masing pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strenght*

Metode	<i>Indirect Tensile Strenght</i> (kg/cm)	
	<i>Superpave</i>	Aspal Porus
1	17,02	5,25
2	19,21	5,94
3	20,44	4,80

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Cantabro Loss*

Metode	<i>Cantabro Loss</i> (%)	
	<i>Superpave</i>	Aspal Porus
1	4,01	27,71
2	3,24	29,98
3	2,37	24,78

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall Campuran Superpave*

Metode	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VMA</i> (%)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>Density</i> (ge/cc)
1	1277,35	2,77	472,07	18,60	4,86	73,89	2,343
2	1300,73	3,00	433,58	18,64	4,90	73,81	2,342
3	1373,63	3,07	448,42	18,71	4,98	73,37	2,34
Spesifikasi	>800	3	>250	>15	3-5	>65	

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Aspal Porus

Metode	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VMA (%)	VITM (%)	VFWA (%)	Density (ge/cc)
1	508,42	4,45	114,31	28,85	18	37,61	2,036
2	505,21	4,46	113,37	26,53	15,33	42,25	2,103
3	503,90	4,46	113,07	28,89	18,05	37,53	2,035
Spesifikasi	>500	2-6			18-25		

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Index of Retained Strenght*

Metode	<i>Index of Retained Strenght</i> (%)	
	<i>Superpave</i>	Aspal Porus
1	91,26	65,67
2	91,12	68,47
3	90,69	68,57

Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian *TSR*

Metode	<i>TSR</i> (%)	
	<i>Superpave</i>	Aspal Porus
1	70,54	89,71
2	70,60	89,67
3	71,71	85,39

5.1.6 Hasil Analisis Statistik *Anova*

Hasil analisis statistic anova meliputi data-data pengujian *Indirect Tinsile Strenght*, *Cantabro Loss*, *Marshall*, *Index of Retained Strenght*, dan Permeabilitas dengan adanya variasi metode pencampuran pada campuran superpave dan campuran

aspal porus. Data hasil rekapitulasi analisis statistik anova dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* untuk Pengaruh Metode Pencampuran Terhadap *Indirect Tensile Strenght*, *Index of Retained Strenght Cantabro*, dan *TSR*

Parameter	<i>Superpave</i>		Aspal Porus	
	Hasil Analisis	Keterangan	Hasil Analisis	Keterangan
<i>ITS</i>	Signifikan	H ₁ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima
<i>IRS</i>	Signifikan	H ₁ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima
<i>Cantabro Loss</i>	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima
<i>TSR</i>	Signifikan	H ₁ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Uji Statistik *Anova* untuk Pengaruh Metode Pencampuran Terhadap Karakteristik *Marshall*

Parameter	<i>Superpave</i>		Aspal Porus	
	Hasil Analisis	Keterangan	Hasil Analisis	Keterangan
VITM	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Signifikan	H ₁ Diterima
VFWA	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Signifikan	H ₁ Diterima
VMA	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Signifikan	H ₁ Diterima
<i>Density</i>	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Signifikan	H ₁ Diterima
Stabilitas	Signifikan	H ₁ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima
<i>Flow</i>	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima
<i>Marshall Quotient</i>	Signifikan	H ₁ Diterima	Tidak Signifikan	H ₀ Diterima

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakteristik Agregat kasar

Pembahasan terhadap hasil pengujian karakteristik agregat kasar adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap air pada suhu tertentu. Data 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 2,733, yang artinya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat adalah tingkat kemampuan suatu bahan dalam menyerap air, rongga atau pori agregat. Pada penelitian yang dilakukan di dapatkan hasil penyerapan agregat terhadap air sebesar 1,885%. Dari hasil yang didapatkan, diketahui bahwa penyerapan air oleh agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar $< 3\%$.

3. 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 95%, dan artinya kelekatan agregat terhadap aspal pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu $> 95\%$.

4. Kehausan dengan Mesin *Loss Angeles*

Pengujian kehausan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap abrasi dengan menggunakan mesin loss angeles, dinyatakan dengan perbandingan antara

berat bahan yang aus lolos saringan No. 12 terhadap berat mula-mula. Hasil yang di dapatkan pada penelitian ini adalah sebesar 19,549% dan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$.

5.2.2 Karakteristik Agregat Halus

Pembahasan terhadap hasil pengujian karakteristik agregat halus adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap air pada suhu tertentu. Data 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 2,69, yang artinya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan air oleh agregat adalah tingkat kemampuan suatu bahan dalam menyerap air, rongga atau pori agregat. Pada penelitian yang dilakukan di dapatkan hasil penyerapan agregat terhadap air sebesar 2,125%. Dari hasil yang didapatkan, diketahui bahwa penyerapan air oleh agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Sand equivalent adalah pengujian untuk mengetahui nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus. Hasil pengujian *sand equivalent* pada agregat halus yang digunakan pada penelitian ini didapatkan sebesar 91,987%. Dan dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan sangat bersih dan terbebas dari kotoran, lumpur

atau kotoran. Nilai sand equivalent memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$.

4. *Filler*

Filler merupakan agregat halus yang telah lolos saringan No. 200. Pada penelitian ini didapatkan hasil nilai berat jenis *filler* debu batu sebesar 2,6%.

5.2.3 Karakteristik Aspal

Pembahasan terhadap hasil pengujian aspal Pen 60/70 yaitu sebagai berikut.

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal dapat diperoleh dari hasil perbandingan antara volume aspal dan volume air. Nilai berat jenis aspal berpengaruh terhadap pertimbangan dalam merancang campuran agregat dan aspal, terutama saat penentuan kadar aspal. Hasil pengujian berat jenis aspal pada pengujian ini menunjukkan nilai sebesar 1,015 dimana nilai tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 1 .

2. Penetrasi Aspal

Nilai penetrasi aspal menunjukkan kekerasan pada aspal, semakin rendah nilai penetrasi maka semakin keras aspal tersebut. Nilai penetasi pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 61,5 yang mana telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar 60-70.

3. Daktilitas Aspal

Nilai daktilitas aspal menunjukkan tingkat kekenyalan pada aspal (kemampuan aspal untuk merenggang). Nilai daktilitas mempengaruhi fleksibilitas campuran, dimana fleksibilitas merupakan kemampuan campuran untuk menahan beban yang diterima tanpa mengalami kerusakan. Hasil pengujian daktilitas pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 164 yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 100 .

4. Titik Nyala Aspal

Nilai titik nyala aspal menunjukkan batas temperature aspal mulaimenyala singkat dan memercikkan api. Pengujian ini dilakukan mengingat adanya sifat aspal yang thermoplastic atau kekentalan aspal yang berubah ubah sesuai dengan perubahan pada suhu. Hasil pengujian titik nyala pada pengujian ini menunjukkan nilai titik nyala sebesar 270°C yang mana telah memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

5. Titik Bakar Aspal

Nilai titik bakar aspal menunjukkan batas temperatur aspal dimana aspal mulai menimbulkan nyala api ± 5 detik pada permukaan aspal. Pengujian ini dilakukan mengingat adanya sifat aspal yang thermoplastic atau kekentalan aspal yang berubah ubah sesuai dengan perubahan pada suhu. Nilai pengujian titik bakar pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 290°C yang mana telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 232^{\circ}\text{C}$.

6. Titik Lembek Aspal

Nilai titik lembek aspal menunjukkan batas temperatur dimana aspal mulai menjadi lunak atau lembek. Hasil pengujian titik lembek aspal pada penelitian ini menunjukkan nilai titik lembek sebesar 48°C yang mana telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu ≥ 48 .

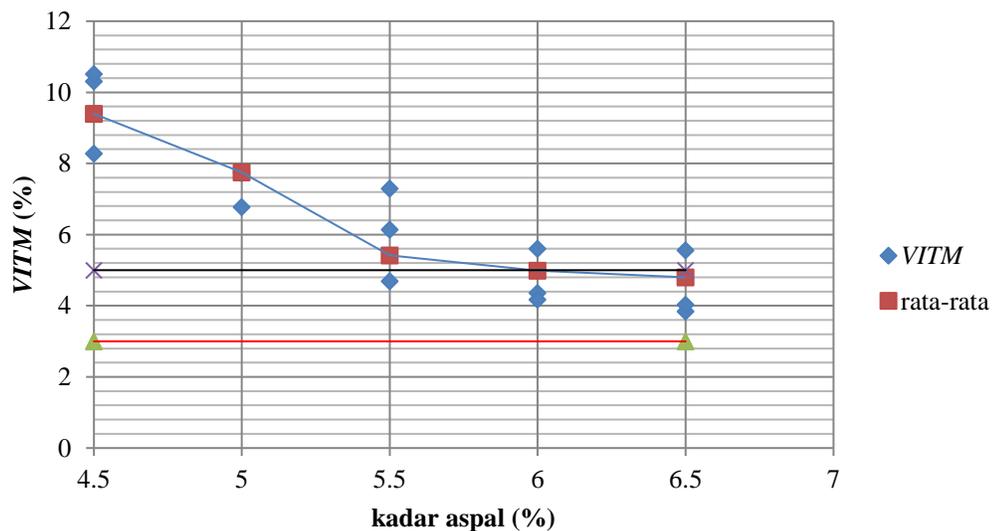
7. Kelarutan dalam *TCE* (*Trychloroethylene*)

Nilai kelarutan aspal dalam *TCE* menunjukkan persentase jumlah aspal yang larut dalam *TCE* yang nantinya akan berpengaruh terhadap ikatan antara aspal dan batuan. Hasil pengujian kelautan aspal dalam *TCE* pada penelitian ini menunjukkan nilai sebesar 100% yang mana telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 99\%$.

5.2.4 Tinjauan Karakteristik *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum pada Campuran *Superpave*

1. *VITM* (Void In Total Mix)

VITM merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. Nilai *VITM* berkaitan erat dengan karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis. Bila nilai *VITM* terlalu rendah akan menimbulkan ketidakstabilan dan terjadinya *flow plastis*. Sebaliknya apabila nilai *VITM* terlalu tinggi akan menyebabkan campuran bersifat *porous*, sehingga membuat campuran mudah teroksidasi dan mengalami deformasi plastis. Gambar 5.5 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VITM* campuran *superpave*.

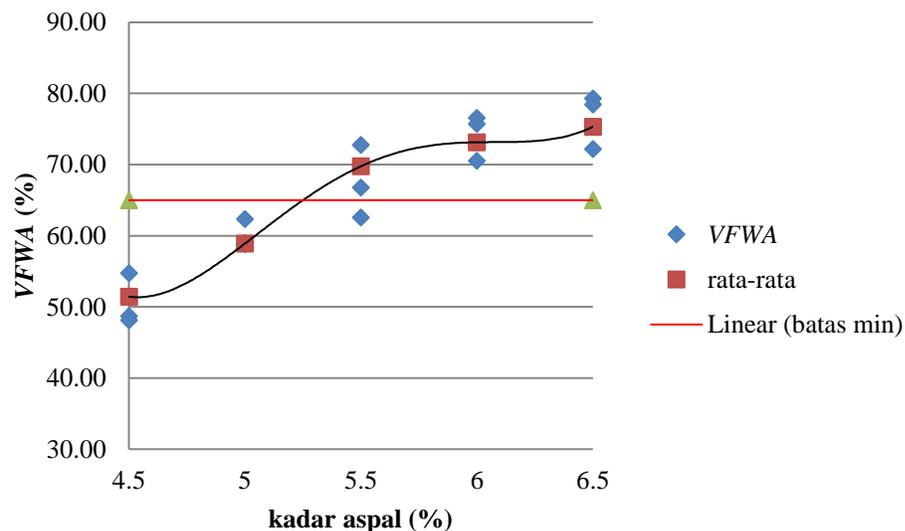


Gambar 5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM* Campuran *Superpave*

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persen kadar aspal maka semakin kecil nilai *VITM*, hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

2. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah nilai presentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal yang nilainya akan meningkat berdasarkan nilai kadar aspalnya sampai batas tertentu (kadar aspal optimum). Nilai VFWA berpengaruh terhadap kekedapan campuran serta sifat elastic campuran, sehingga akan mempengaruhi nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VFWA terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *bleeding* dan bila terlalu rendah maka akan menyebabkan *poruos*. Gambar 5.6 berikut adalah hubungan antara kadar aspal dan nilai VFWA campuran *superpave*.

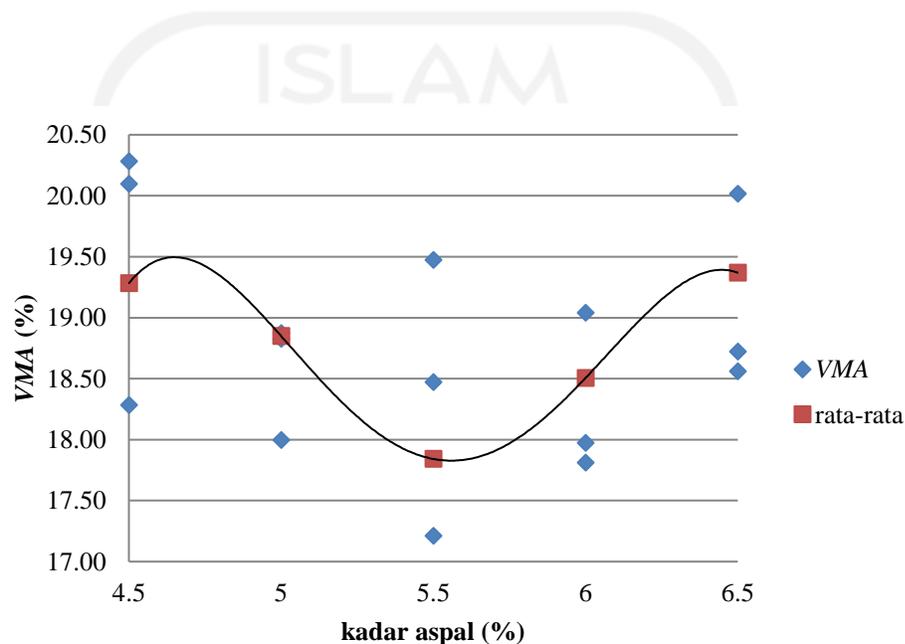


Gambar 5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA Campuran *Superpave*

Pada Gambar 5.6 dapat disimpulkan bahwa nilai VFWA akan semakin meningkat dengan seiringnya bertambah persen kadar aspal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

3. *VMA (Void In Mineral Agregat)*

VMA adalah rongga udara antar butiran agregat di dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. *VMA* dapat juga dikatakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan juga sebagai rongga yang diperlukan dalam campuran agregat aspal. Gambar 5.7 berikut adalah grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VMA*.



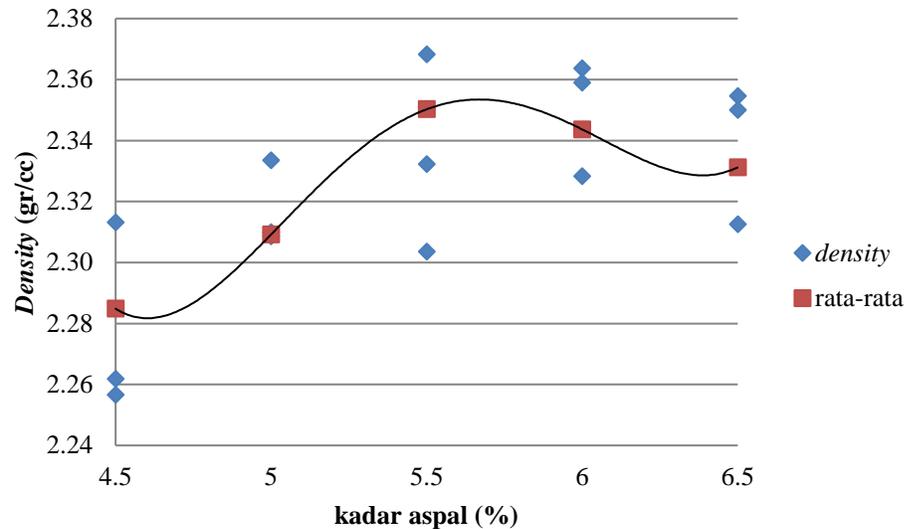
Gambar 5.7 Hubungan antara Nilai *VMA* dan Kadar Aspal Campuran *Superpave*

Dari Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* menurun sampai titik tertentu kemudian meningkat seiring meningkatnya kadar aspal. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsyah (2019).

4. *Kepadatan (Density)*

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan (nilai berat volume) suatu perkerasan agregat dan aspal. Semakin tinggi nilai *density* pada campuran maka campuran akan dapat menahan beban dengan lebih baik, dikarenakan rongga di

dalam campuran akan mengecil dan gesekan antar agregat akan membesar, selain itu dengan nilai *density* yang tinggi maka akan membuat campuran lebih kedap terhadap udara dan air, sehingga sulit teroksidasi. Gambar 5.8 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *density*.

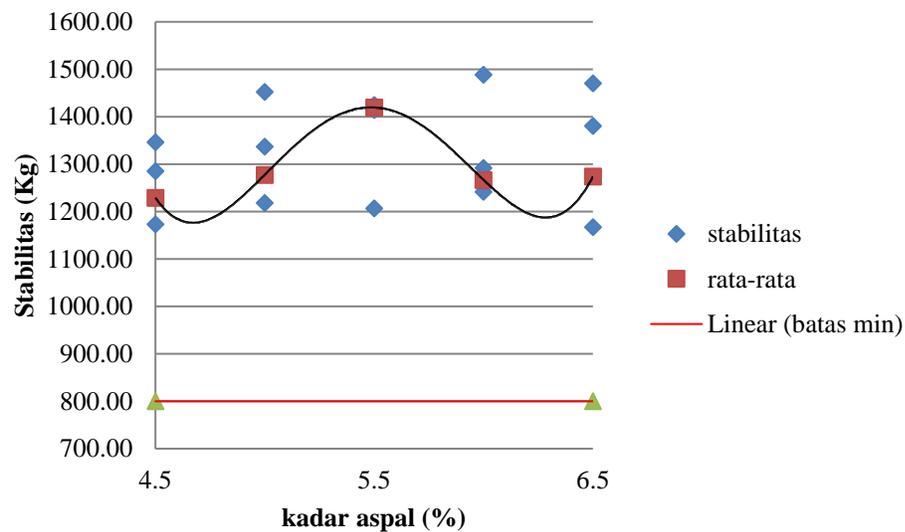


Gambar 5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* Campuran *Superpave*

Dari Gambar 5.8 dapat disimpulkan bahwa nilai *density* meningkat sampai batas tertentu kemudian turun. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

5. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk mehan beban lalu lintas sampai mengalami kelelahan plastis (deformasi). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan terus meningkat sampai batas tertentu (optimum) dan kemudian turun setelah melampaui batas optimum. Berikut Gambar 5.9 grafik perbandingan nilai stabilitas dan kadar aspal.

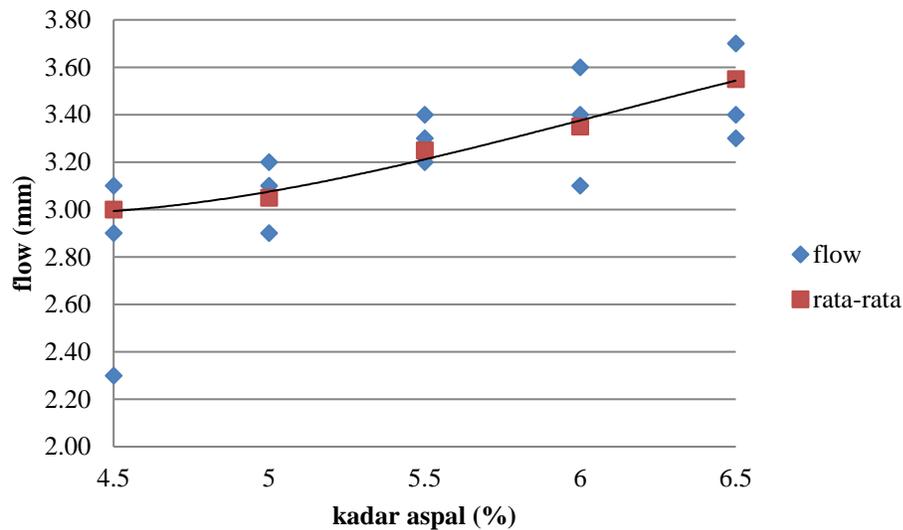


Gambar 5.9 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas Campuran *Superpave*

Dari Gambar 5.9 dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas naik mencapai nilai maksimum kemudian turun seiring bertambahnya nilai persen kadar aspal (menurun ketika telah mencapai batas maksimum penggunaan kadar aspal). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

6. *Flow*

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah maka akan cenderung plastis, sebaliknya apabila angka kelelahan tinggi maka akan cenderung bersifat getas dan mudah terjadi keretakan (*cracking*). Gambar 5.10 berikut adalah grafik hubungan kadar aspal dan nilai *flow*.

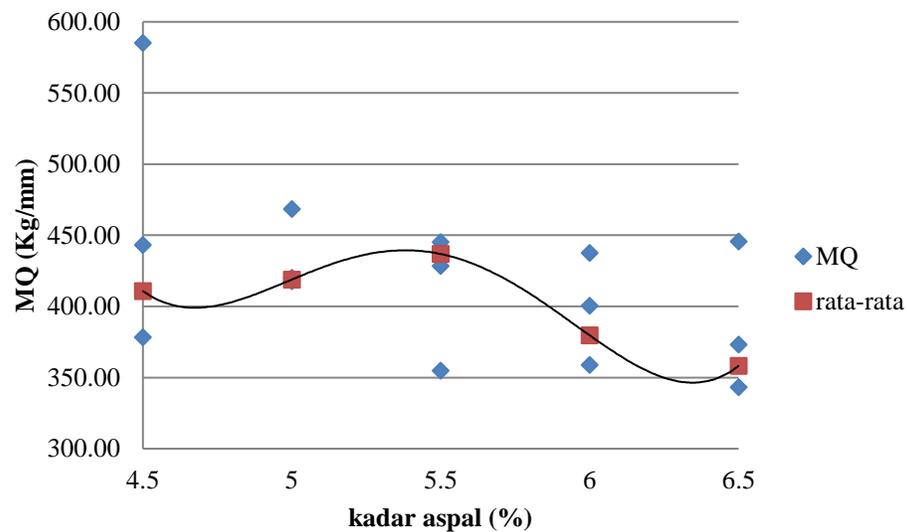


Gambar 5.10 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* Campuran *Superpave*

Dari Gambar 5.10 dapat disimpulkan bahwa nilai *flow* meningkat seiring dengan meningkatnya persen kadar aspal, dikarenakan dengan penambahan kadar aspal maka rongga yang akan terisi oleh aspal semakin banyak yang menyebabkan campuran semakin fleksibel. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

7. *MQ (Marshall Quotient)*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan flow. Nilai *Marshall Quotient* menunjukkan kelenturan dari campuran, semakin kecil nilai *MQ* maka semakin lentur campuran tersebut, sebaliknya apabila nilai *MQ* semakin besar maka semakin kaku campuran tersebut. Gambar 5.11 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ*.



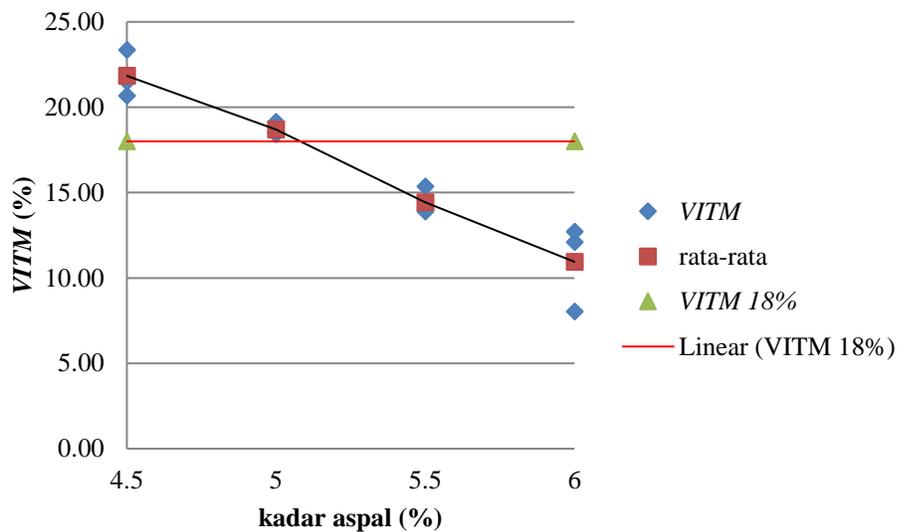
Gambar 5.11 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai MQ Campuran *Superpave*

Dari Gambar 5.11, dapat dilihat bahwa nilai MQ akan menurun setelah mencapai batas optimum yang merupakan pengaruh dari nilai *flow* dan stabilitas sebelumnya, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Emsya (2019).

5.2.5 Tinjauan Karakteristik untuk Mencari KAO Campuran Aspal Porus

1. $VITM$ (Void In Total Mix)

$VITM$ merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. Nilai $VITM$ berkaitan erat dengan karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis. Bila nilai $VITM$ terlalu rendah akan menimbulkan ketidakstabilan dan terjadinya *flow plastis*. Sebaliknya apabila nilai $VITM$ terlalu tinggi akan menyebabkan campuran bersifat *porous*, sehingga membuat campuran mudah teroksidasi dan mengalami deformasi plastis. Gambar 5.12 berikut adalah grafik hubungan kadar aspal dan nilai $VITM$.

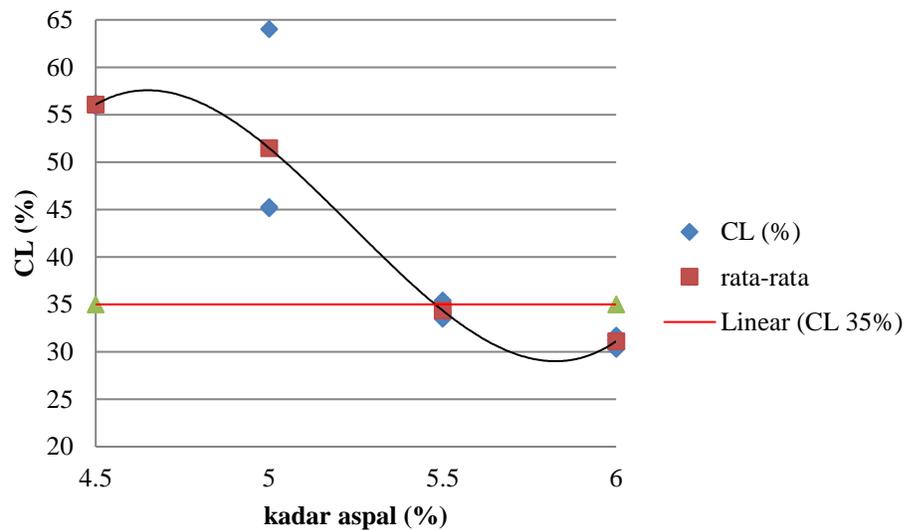


Gambar 5.12 Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM* Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.12 dapat disimpulkan bahwa nilai *VITM* menurun seiring dengan bertambahnya persen kadar aspal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saleh dkk (2014).

2. *Cantabro Loss*

Cantabro Test merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan. Pada pengujian ini digunakan mesin *Loss Angeles* dengan benda uji yang sudah dipadatkan kedua sisinya sebanyak 2×75 tumbukan. Kemudian benda uji diletakkan dalam drum *Loss Angeles* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 putaran. Gambar 5.13 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *Cantabro Loss*.

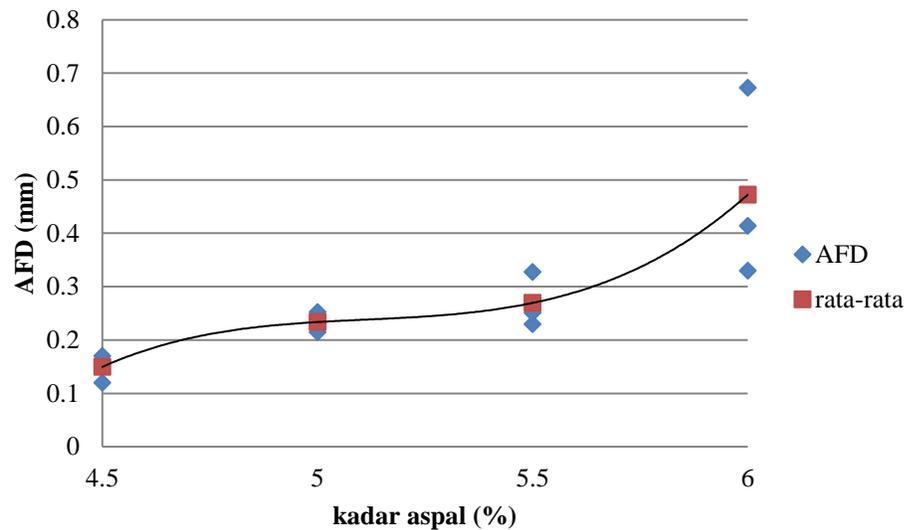


Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Cantabro Loss* Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.13 dapat disimpulkan bahwa nilai *Cantabro Loss* semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Penurunan nilai CL seiring bertambahnya kadar aspal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saleh dkk (2014).

3. *Asphalt Flow Down (AFD)*

Untuk mengetahui nilai kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogeny dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, maka dilakukan uji *AFD*. Dimana nilai *AFD* disyaratkan lebih kecil dari 0,3%. Gambar 5.14 berikut adalah grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *AFD*.



Gambar 5.14 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *AFD* Campuran Aspal Porus

Dapat dilihat dari Gambar 5.14 bahwa nilai *AFD* meningkat seiring bertambahnya persen kadar aspal. Peningkatan nilai *AFD* seiring meningkatnya kadar aspal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saleh dkk (2014).

5.2.6 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kinerja Campuran pada KAO

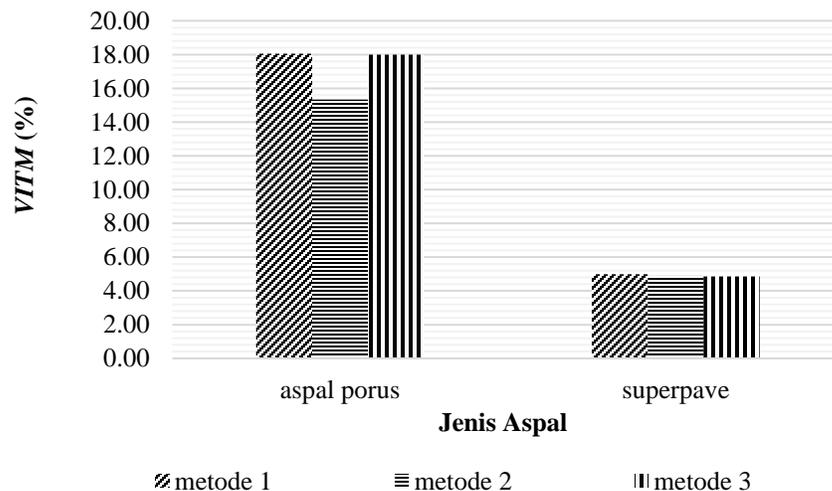
5.2.6.1 Pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap karakteristik *Marshall*

1. Tinjauan karakteristik volumetrik campuran

a. *VITM* (Void In Total Mix)

VITM merupakan persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. Nilai *VITM* berkaitan erat dengan karakteristik ketahan campuran terhadap deformasi plastis. Bila nilai *VITM*

terlalu rendah akan menimbulkan ketidakstabilan dan terjadinya *flow plastis*. Sebaliknya apabila nilai *VITM* terlalu tinggi akan menyebabkan campuran bersifat *porous*, sehingga membuat campuran mudah teroksidasi dan mengalami deformasi plastis. Gambar 5.15 berikut adalah *bar chart* pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *VITM*.



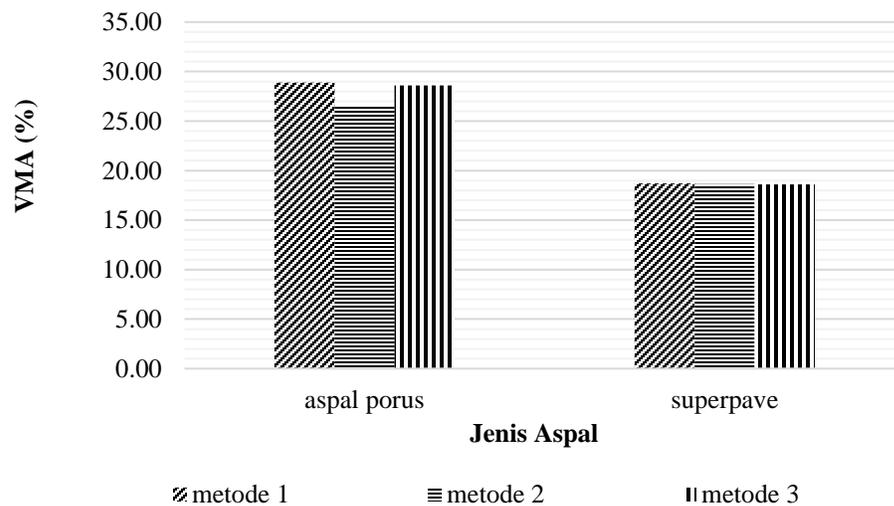
Gambar 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VITM* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa variasi metode pencampuran berdampak signifikan pada nilai *VITM* campuran aspal porous dan tidak terlalu signifikan pada campuran *superpave*. Dimana pada metode 2 campuran aspal porous memiliki nilai *VITM* yang lebih kecil membuat campuran bersifat kurang terbuka, nilai *VITM* kurang dari spesifikasi AAPA 2004 yaitu $\geq 18\%$, sedangkan untuk campuran *superpave* memiliki nilai 4,98% (metode 1), 4,90% (metode 2), dan 4,86% (metode 3). Hasil *VITM* campuran *superpave* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu 3-5 %. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk (2014) yang mengatakn bahwa metode pencampuran mempengaruhi tebal penyelimutan oleh aspal sehingga

mengubah besarnya nilai *VITM*, dalam jurnalnya mendapatkan hasil sebesar 3 untuk pencampuran bertahap dan 3,1 untuk metode konvensional.

b. *VMA (Void Mineral Agregate)*

Void In Mineral Agregate (VMA) ialah persen rongga udara yang ada di antara partikel-partikel agregat di dalam campuran yang sudah dipadatkan. *VMA* merupakan rongga yang dibutuhkan untuk menampung aspal apabila terjadi peningkatan suhu. Gambar 5.16 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *VMA*.



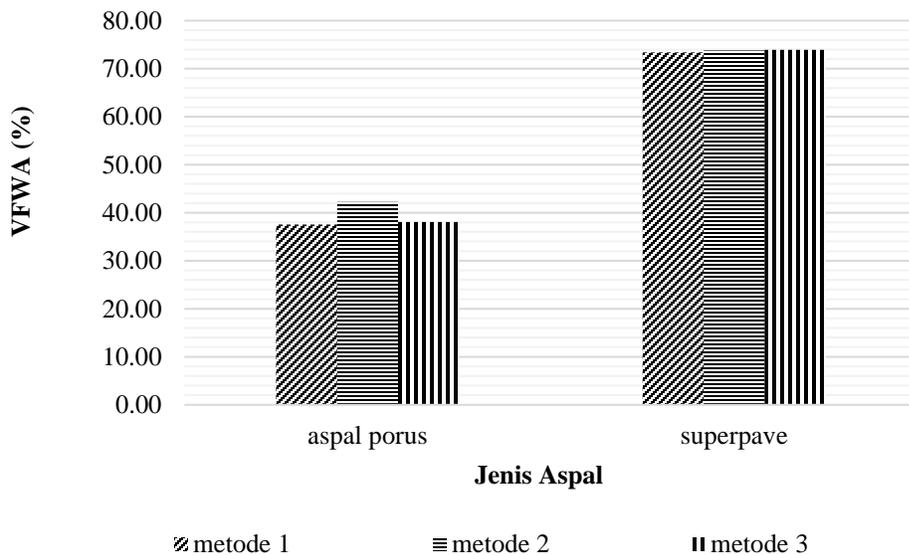
Gambar 5.16 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VMA* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran aspal porous menggunakan metode 2 memiliki perbedaan nilai *VMA* yang cukup signifikan dibandingkan dengan metode 1 (konvensional) yang mengakibatkan rongga untuk menampung aspal saat terjadi peningkatan suhu berkurang, yang mengakibatkan campuran terlalu fleksibel. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk (2014) yang menyatakan bahwa metode pencampuran mengakibatkan perubahan tebal pelapisan aspal

pada agregat yang mengubah nilai volumetrik campuran. Hasil nilai *VMA* untuk campuran *superpave* sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 15\%$.

c. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

Void Filled With Asphalt (VFWA) ialah persen rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Nilai *VFWA* ini mempengaruhi sifat kekedapan pada udara serta air serta sifat elastik pada campuran. Gambar 5.17 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran pada nilai *VFWA*.



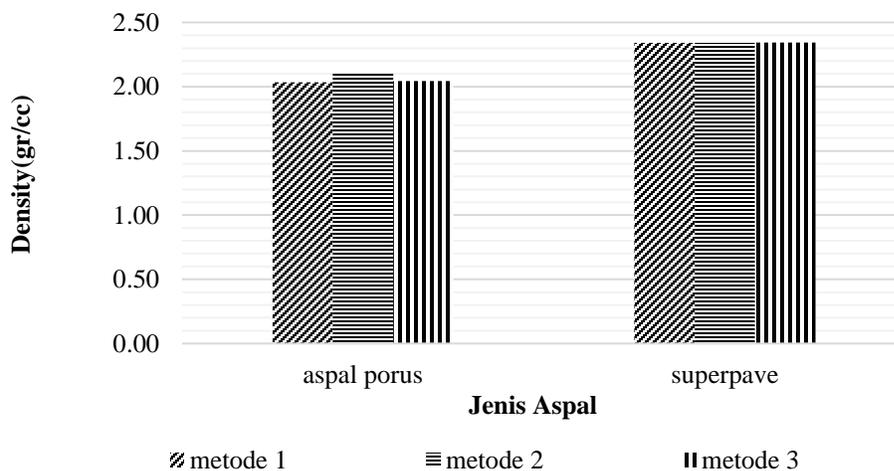
Gambar 5.17 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *VFWA* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* pada campuran aspal porous menggunakan metode 2 memiliki nilai perbedaan *VFWA* yang cukup signifikan dibandingkan dengan metode 1 (konvensional) akibat terselimutnya agregat oleh aspal dengan sempurna yang mana membuat campuran lebih kedap yang berlawanan dengan campuran aspal porous (gradasi terbuka). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hesami dkk

(2014) yang menyatakan bahwa metode pencampuran mengakibatkan perubahan tebal pelapisan aspal pada agregat yang mengubah nilai volumetrik campuran. Hasil *VFWA* untuk campuran *superpave* memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu $> 65\%$.

d. *Density*

Nilai *density* ialah nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan campuran agregat aspal. Semakin tinggi nilai *density* maka akan semakin mampu menahan beban dengan lebih baik, hal tersebut disebabkan rongga di dalam campuran semakin mengecil dan agregat akan memiliki bidang kontak yang lebih luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran semakin besar pula dan menimbulkan kekedapan sehingga sulit untuk teroksidasi. Berikut Gambar 5.18 pengaruh berbagai metode pencampuran pada nilai *density*.



Gambar 5.18 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Density* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

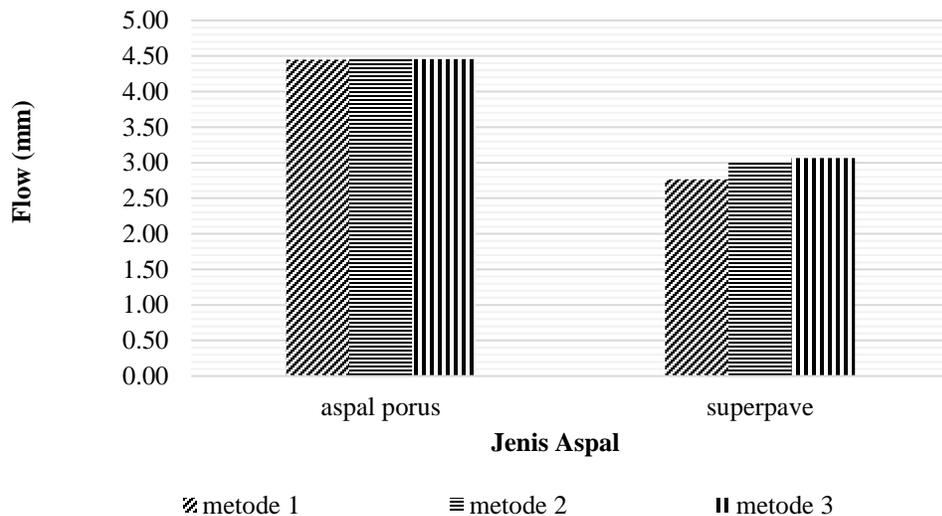
Dapat dilihat dari Gambar 5.18 bahwa nilai *density* relatif sama, karena tidak ada penambahan unsur lain sehingga membuat tidak ada perbedaan signifikan pada berat volume campuran. Hasil *density* yang didapat yaitu rata-rata 2,34

untuk campuran superpave. Hasil pengujian density Hadi (2019) yaitu rata-rata 2,37.

2. Tinjauan Terhadap Kinerja Struktur

a. *Flow* (Kelelehan)

Kelelehan ialah perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Nilai *flow* yang besar menimbulkan campuran akan cenderung mudah berdeformasi, sebaliknya bila nilainya rendah akan mudah rusak. Gambar 5.19 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai kelelehan.



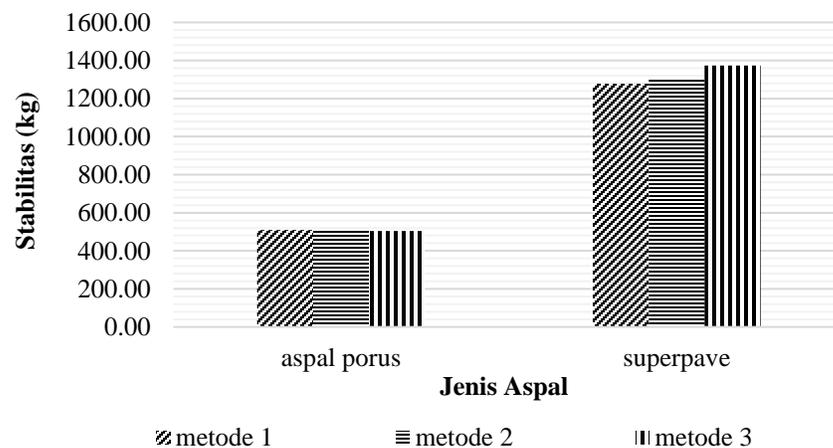
Gambar 5.19 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Flow* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.19 dapat dilihat bahwa nilai *flow* pada campuran *superpave* menggunakan metode 3 dan metode 2 memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan metode 1 (konvensional) yang menyebabkan campuran lebih mudah berdeformasi, sedangkan untuk campuran aspal porous relatif

sama. Hasil *flow* untuk campuran *superpave* yaitu rata-rata 3 memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 3 . Hasil *flow* dari penelitian Hadi (2019) yaitu rata-rata 3,5.

b. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas sangat bergantung dari kemampuan campuran dalam mengadakan kuncian (*interlocking*) dan gaya gesek (*friction*). Nilai yang diperoleh ini akan menunjukkan kekuatan struktural suatu campuran aspal yang dipengaruhi oleh kandungan aspal, susunan gradasi, dan kualitas agregat dalam campuran. Gambar 5.20 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai stabilitas.



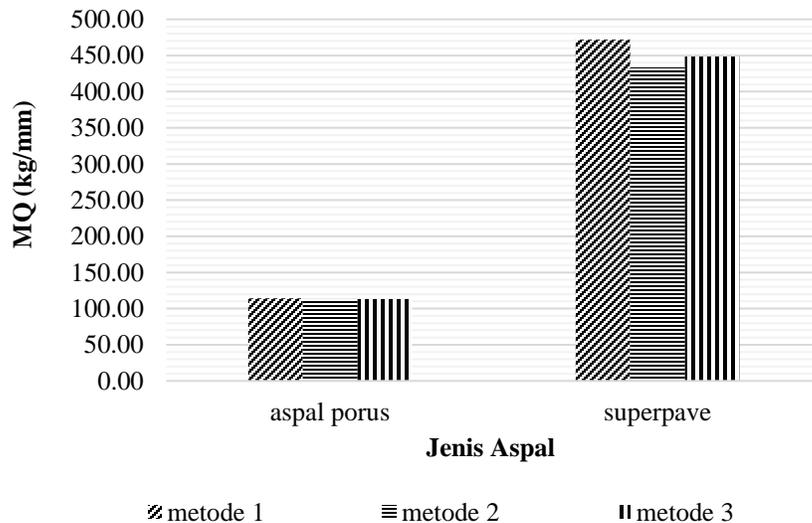
Gambar 5.20 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai Stabilitas pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran *superpave* menggunakan metode 3 dan metode 2 memiliki nilai lebih baik dibandingkan dengan metode 1 (konvensional) yang mana menyebabkan campuran dengan metode 3 dan metode 2 lebih mampu menahan beban lalu

lintas dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil pengujian stabilitas terbaik untuk campuran superpave yaitu metode 3 (1373,63 kg), sedangkan untuk campuran aspal porous yaitu metode 1 (508,42 kg) yang memenuhi spesifikasi dari Bina Marga untuk campuran *superpave* yaitu > 800 kg dan memenuhi spesifikasi *AAPA* 2004 untuk campuran aspal porous yaitu > 500 kg. hasil pengujian stabilitas pada penelitian Hadi (2019) yaitu 1469,73 kg.

c. *MQ (Marshall Quotient)*

Marshall Quotient (MQ) ialah hasil pembangan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan fleksibilitas (kelenturan) dari campuran agregat aspal, semakin besar nilai *MQ* maka kelenturannya semakin berkurang (bertambah kaku), sebaliknya semakin kecil nilai *MQ* maka campurannya semakin lentur. Gambar 5.21 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *MQ*.

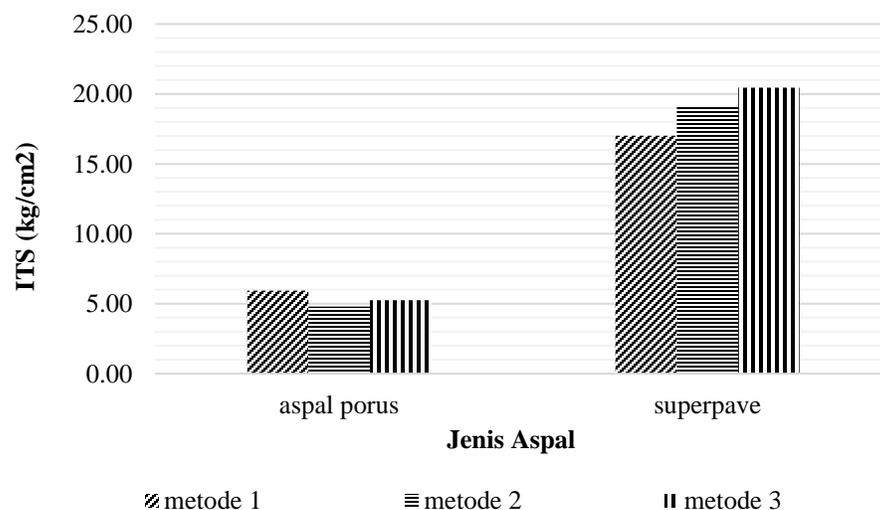


Gambar 5.21 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *MQ* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.21 dapat dilihat pada campuran *superpave* menggunakan metode 3 dan metode 2 memiliki nilai *MQ* lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional yang mengakibatkan campuran lebih lentur.

5.2.6.2 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Kuat Tarik Tak Langsung

Indirect Tensile Strength (ITS) merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari suatu campuran aspal. Dimana nilai *ITS* ini digunakan untuk memperkirakan keretakan pada campuran akibat kegagalan gaya tarik, sehingga dapat mempermudah proses evaluasi potensi keretakan pada campuran aspal. Gambar 5.22 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai kuat tarik tak langsung.



Gambar 5.22 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *ITS* pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus

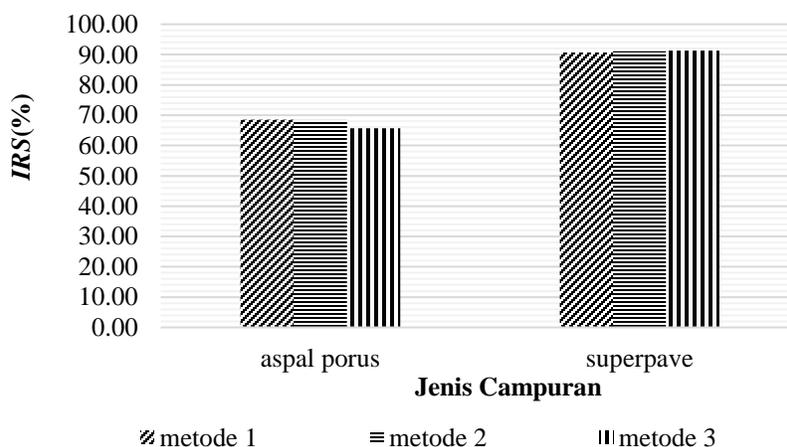
Dari Gambar 5.22 dapat dilihat bahwa nilai *ITS* pada campuran *superpave* menggunakan metode 3 (20,44 kg/cm) lebih tinggi dibandingkan dengan metode

konvensional (17,02 kg/cm) yang berarti campuran *superpave* dengan metode pencampuran memiliki daya tahan tarik lebih baik, sedangkan untuk campuran aspal porus metode konvensional memiliki nilai tertinggi (5,94 kg/cm). Hal ini menyebabkan campuran memiliki nilai lebih baik dikarenakan oleh perubahan pada karakteristik volumetrik akibat metode pencampuran. Hasil pengujian ITS pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2019) menggunakan campuran *superpave* yaitu sebesar (24 kg/cm).

5.2.6.3 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Keawetan

1. *IRS (Index of Retained Strength)*

Nilai *IRS* diperoleh dari proses perendaman, untuk mengevaluasi keawetan campuran setelah mengalami proses perendaman selama 24 jam pada *waterbath* dengan suhu 60° C terhadap perendaman selama 30 menit. Nilai ini didapat dari hasil perbandingan nilai stabilitas rendaman 24 jam dengan rendaman 0,5 jam yang kemudian diubah kebentuk persenan, sehingga hasil perbandingan dapat diketahui secara jelas. Gambar 5.23 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *IRS*.

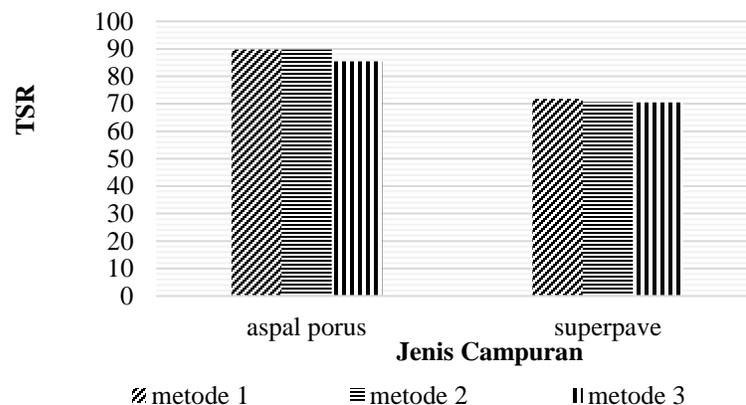


Gambar 5.23 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *IRS* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.23 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* baik pada campuran aspal porus maupun campuran *superpave* menggunakan metode 2 dan metode 3 tidak mengalami peningkatan maupun penurunan yang signifikan dari metode konvensional sehingga durabilitas dari campuran relatif sama dikarenakan tidak ada perbedaan dari bahan penyusuncampuran. Nilai *IRS* terbaik pada campuran *superpave* yaitu menggunakan metode 3 (91,26%), sedangkan untuk campuran aspal porus yaitu menggunakan metode 3 (68,57). Pengujian *IRS* menggunakan campuran *superpave* juga dilakukan oleh Hadi (2019) dengan hasil sebesar 92%.

2. *TSR (Tensile Strength Retained)*

Nilai *TSR* diperoleh dari perbandingan kekuatan daya tahan tarik pada bahan uji dengan perendaman selama 24 jam pada *waterbath* dengan suhu 60°C terhadap bahan uji tanpa rendaman. Nilai ini didapat dari perbandingan hasil daya tahan tarik yang kemudian diubah kedalam bentuk persen, sehingga hasil dapat diketahui dengan jelas. Gambar 5.24 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *TSR*.



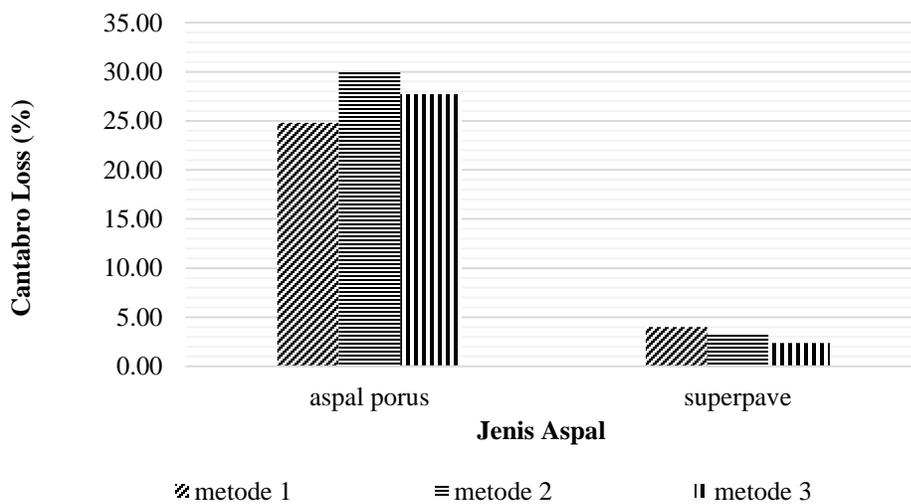
Gambar 5.24 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Nilai *TSR* pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Dari Gambar 5.24 dapat dilihat bahwa nilai *TSR* pada campuran aspal porus menggunakan metode konvensional (89,71 %) lebih tinggi dibandingkan dengan

menggunakan metode pencampuran bertahap (metode 2 dan metode 3) yang berarti campuran aspal porus dengan metode konvensional lebih dapat menahan rendaman, sedangkan untuk campuran *superpave* tidak terjadi penurunan atau peningkatan yang signifikan.

5.2.6.4 Pengaruh Variasi Metode Pencampuran Terhadap disintegrasi (CL)

Cantabro merupakan pengujian dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap abrasi. Dimana pada pengujian cantabro ini menggunakan mesin *Loss Angles* dengan jumlah putaran sebanyak 300 kali tanpa bola baja. Gambar 5.25 berikut adalah pengaruh berbagai metode pencampuran terhadap nilai *cantabro loss*.



Gambar 5.25 Variasi Metode Pencampuran Terhadap Nilai *Cantabro* pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus

Dari Gambar 5.25 dapat dilihat bahwa nilai *CL* pada campuran aspal porus metode 2 (29,98%) memiliki nilai *CL* terburuk yang berarti pada metode 2 mengalami disintegrasi tinggi (abrasi) sedangkan untuk metode konvensional (24,78%) memiliki nilai terkecil sehingga dapat dikatakan lebih tahan terhadap abrasi. Pada campuran *superpave* dapat dilihat bahwa metode 3 (2,37%) memiliki nilai lebih kecil

dibandingkan dengan metode konvensional (4,01%). Pengujian CL pada campuran *superpave* juga dilakukan oleh Hadi (2019) yang mendapatkan hasil sebesar 4%.

5.2.7 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Keseluruhan Karakteristik pada Campuran *Superpave* dan Aspal Porus

Pengaruh variasi metode pencampuran terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *superpave* dan aspal porus dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

Tabel 5.15 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Jenis Campuran	Metode	Pemenuhan Spesifikasi Tiap Parameter						
		Stabilitas	<i>Flow</i>	<i>MQ</i>	<i>VMA</i>	<i>VFWA</i>	<i>Density</i>	<i>VITM</i>
<i>Superpave</i>	1	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√
Aspal Porus	1	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	×
	3	√	√	√	√	√	√	√

Keterangan :

√ = Memenuhi Spesifikasi

× = Tidak Memenuhi Spesifikasi

Pada Tabel 5.15, dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran aspal porus untuk metode 2 tidak memenuhi spesifikasi dari *AAPA* yaitu 18-25 %. Secara keseluruhan dalam pengujian *Marshall* dapat disimpulkan bahwa variasi metode pencampuran lebih efektif digunakan untuk jenis campuran *superpave* yang semuanya memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 2010.

Pengaruh berbagai metode pencampuran dengan kinerja campuran *superpave* dan campuran aspal porus pada pengujian lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

Tabel 5.16 Pengaruh Berbagai Metode Pencampuran Terhadap Pemenuhan Spesifikasi Karakteristik pada Campuran *Superpave* dan Campuran Aspal Porus

Jenis Campuran	Metode	Pemenuhan Spesifikasi Tiap Parameter Pengujian			
		<i>ITS</i>	<i>Cantabro</i>	<i>IRS</i>	<i>TSR</i>
<i>Superpave</i>	1	√	√	√	√
	2	√	√	√	√
	3	√	√	√	√
Aspal Porus	1	√	√	√	√
	2	√	√	√	√
	3	√	√	√	√

Keterangan :

√ = Memenuhi Spesifikasi

× = Tidak Memenuhi Spesifikasi

Pada Tabel 5.16, dapat dilihat bahwa pengaruh berbagai metode pencampuran memenuhi semua spesifikasi pengujian baik untuk campuran *superpave* maupun campuran aspal porus. Lebih detail dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* dengan Berbagai Metode Pencampuran

No.	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
1	<i>VITM</i>	4,98	4,90	4,86	Metode 3 memiliki nilai <i>VITM</i> yang lebih kecil yang berarti jumlah rongga udara yang terdapat pada metode 1 lebih sedikit dibanding dengan metode variasi akan tetapi tidak terlalu signifikan.
2	<i>VFWA</i>	73,37	73,81	73,89	<i>VFWA</i> menunjukkan persen rongga yang terlapisi oleh aspal dimana untuk metode konvensional memiliki nilai tertinggi akan tetapi tidak signifikan.
3	<i>VMA</i>	18,71	18,64	18,60	<i>VMA</i> menunjukkan persen rongga udara antar butir agregat setelah dipadatkan dimana nilai dari metode 3 lebih besar walaupun tidak signifikan.
4	<i>Flow</i>	3,07	3,00	2,77	<i>Flow</i> menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji yang mana apabila terlalu tinggi akan mengakibatkan segregasi antar agregat sedangkan kalau terlalu rendah maka menyebabkan campuran getas. Dapat dilihat bahwa nilai <i>flow</i> pada metode 3 menunjukkan kinerja terbaik.

Lanjutan Tabel 5.17 Perbandingan Kinerja Campuran *Superpave* dengan Berbagai Metode Pencampuran

No.	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
5	Stabilitas	1277,35	1300,73	1373,63	Metode 3 memiliki nilai stabilitas tertinggi yang berarti kekuatan untuk menahan beban yang dimiliki oleh campuran dengan metode 3 lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya.
6	<i>ITS</i>	17,02	19,21	20,44	Metode 1 memiliki nilai <i>ITS</i> tertinggi yang berarti metode 3 memiliki daya tahan tarik langsung lebih baik sebelum terjadinya retakan dibandingkan dengan metode lainnya.
7	<i>Cantabro</i>	4,01	3,24	2,37	Metode 3 memiliki nilai <i>cantabro loss</i> tertinggi yang berarti campuran dengan metode 1 memiliki daya tahan lebih rendah terhadap keausan dibandingkan dengan metode lainnya.
8	<i>IRS</i>	90,69	91,12	91,26	Metode 1 memiliki nilai <i>IRS</i> tertinggi yang berarti penurunan nilai stabilitas yang lebih rendah setelah direndam dibandingkan dengan metode lainnya.
9	<i>TSR</i>	71,71	70,60	70,54	Metode 3 menunjukkan nilai <i>TSR</i> tertinggi yang berarti penurunan daya tahan tarik setelah mengalami perendaman lebih rendah dibandingkan metode lainnya.

Tabel 5.18 Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Porus dengan Berbagai Metode Pencampuran

No.	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
1	<i>VITM</i>	18,05	15,33	18,00	Metode metode 2 memiliki nilai <i>VITM</i> yang lebih kecil yang berarti jumlah rongga udara yang terdapat pada metode 2 lebih sedikit dibanding dengan metode konvensional.
2	<i>VFWA</i>	37,53	42,25	37,61	<i>VFWA</i> menunjukkan persen rongga yang terlapisi oleh aspal dimana untuk metode 2 memiliki nilai tertinggi akan tetapi tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh metode pencampuran sehingga menyebabkan void yang terlapisi oleh aspal lebih banyak.
3	<i>VMA</i>	28,89	26,53	28,85	<i>VMA</i> menunjukkan persen rongga udara antar butir agregat setelah dipadatkan dimana nilai dari metode 23 lebih kecil walaupun tidak signifikan.
4	<i>Flow</i>	4,46	4,46	4,45	<i>Flow</i> menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada benda uji yang mana apabila terlalu tinggi akan mengakibatkan segregasi antar agregat sedangkan kalau terlalu rendah maka menyebabkan campuran getas. Dapat dilihat bahwa nilai flow relatif sama.

Lanjutan Tabel 5.18 Perbandingan Kinerja Campuran Aspal Porus dengan Berbagai Metode Pencampuran

No	Pengujian	Kinerja Perkerasan			Keterangan
		Metode 1	Metode 2	Metode 3	
5	Stabilitas	508,42	505,21	503,90	Metode 3 memiliki nilai stabilitas tertinggi yang berarti kekuatan untuk menahan beban yang dimiliki oleh campuran dengan metode 3 lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya.
6	ITS	5,25	5,94	4,80	Metode 2 memiliki nilai ITS tertinggi yang berarti metode 2 memiliki daya tahan tarik langsung lebih baik sebelum terjadinya retakan dibandingkan dengan metode lainnya.
7	Cantabro	24,78	27,71	29,98	Metode 3 memiliki nilai <i>cantabro loss</i> tertinggi yang berarti campuran dengan metode 3 memiliki daya tahan lebih rendah terhadap keausan dibandingkan dengan metode lainnya.
8	IRS	65,67	68,47	68,57	Metode 3 memiliki nilai IRS tertinggi yang berarti penurunan nilai stabilitas yang lebih rendah setelah direndam dibandingkan dengan metode lainnya.
9	TSR	89,71	89,67	85,39	Metode 1 menunjukkan nilai TSR tertinggi yang berarti penurunan daya tahan tarik setelah mengalami perendaman lebih rendah dibandingkan metode lainnya.

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data perbandingan karakteristik campuran *Superpave* dan campuran Aspal Porus dengan pengaruh metode pencampuran, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan nilai karakteristik volumetrik (*VITM*, *VFWA*, *VMA*, *Density*) dipengaruhi oleh metode pencampuran sehingga mempengaruhi besarnya nilai stabilitas, *flow* dan *MQ*.
2. Hasil pengujian *ITS* pada campuran *Superpave* menunjukkan nilai yang lebih baik menggunakan metode 2 dan 3 dibandingkan dengan metode 1 (metode konvensional), sedangkan untuk campuran aspal porus nilai *ITS* yang terbaik diperoleh oleh metode konvensional. Hal ini berarti campuran *superpave* dengan menggunakan metode 2 dan metode 3 lebih kuat menahan gaya tarik tak langsung, berbanding terbalik dengan nilai *ITS* pada campuran aspal porus yang menggunakan metode 2 dan metode 3.
3. Campuran *superpave* dengan metode pencampuran bertahap (metode 2 dan 3) cenderung memiliki nilai *Cantabro Loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan cara konvensional (metode 1), sedangkan untuk campuran aspal porus menggunakan metode 2 dan metode 3 cenderung mengalami nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini berarti campuran *superpave* dengan metode 2 dan metode 3 memiliki kekuatan lebih besar untuk menahan keausan, yang berbanding terbalik dengan campuran aspal porus yang menggunakan metode 2 dan metode 3 yang memiliki nilai *Cantabro Loss* lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional (metode 1).

4. Campuran *Superpave* dengan metode pencampuran bertahap (metode 2 dan 3) cenderung memiliki nilai *IRS* lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional (metode 1) sebaliknya untuk campuran aspal porus dengan menggunakan metode 2 dan metode 3 memiliki nilai *IRS* yang lebih buruk dibandingkan dengan metode konvensional (metode 1).
5. Campuran *Superpave* dengan metode pencampuran bertahap (metode 2 dan 3) cenderung memiliki nilai *TSR* lebih baik dibandingkan dengan yang menggunakan metode konvensional sehingga penurunan daya tahan tarik sisa pada campuran lebih kecil, berbanding terbalik dengan campuran aspal porus dimana campuran ini memiliki nilai *TSR* yang lebih buruk dibandingkan dengan metode konvensional.

6.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian pengaruh karakteristik campuran *Superpave* dan aspal porus terhadap metode pencampuran, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Pelaksanaan perkerasan menggunakan gradasi campuran *Superpave* direkomendasikan menggunakan metode 3 sedangkan untuk campuran aspal porus direkomendasikan menggunakan metode konvensional.
2. Penggunaan gradasi campuran lain sebagai pembanding tambahan pada penggunaan metode pencampuran terhadap penggunaan bahan ikat Pen 60/70.
3. Penggunaan bahan ikat lain sebagai pembanding metode pencampuran pada gradasi *Superpave* dan aspal porus.

DAFTAR PUSTAKA

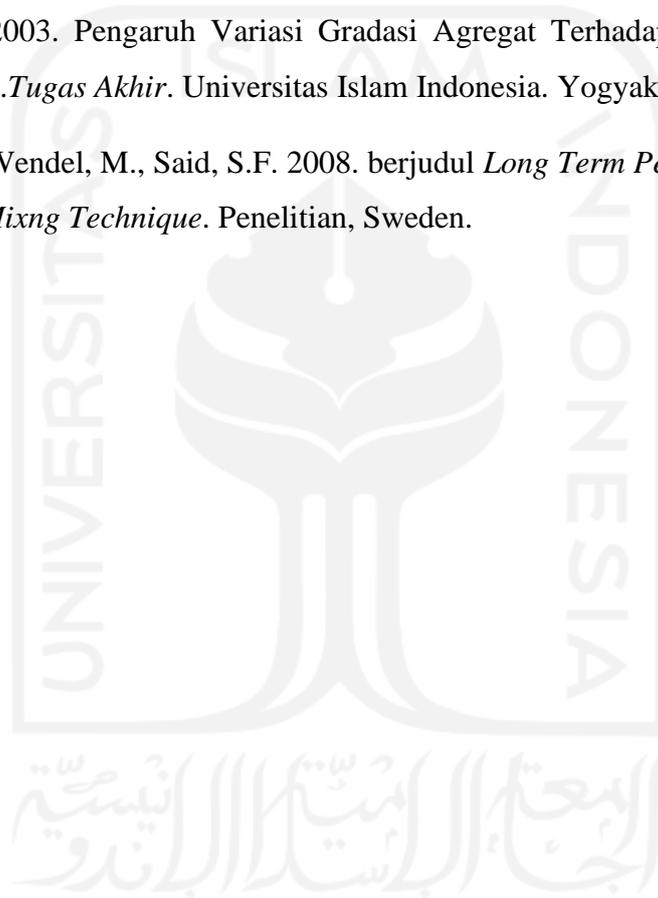
- AAPA, *Australian Asphalt Pavement Association*. 2004. *Open Graded Asphalt Design Guide*. Australian.
- Affan, M, 2006, Studi Peranan Rongga Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal Porus Akibat Penambahan Mortar. *Tesis*, Magister Teknik Sipil. Universitas Syiah Kuala.
- Arrieta, VS. dan Maquilon, JEC. 2014. *Resistance to degradation or cohesion loss in Cantabro test on specimens of porous asphalt friction courses*. Penelitian. Colombia.
- Diana, I.W., 1995, *Aspal Porus*, Bandar Lampung. Fakultas Teknik, UNILA.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Rev 3 Divisi 6*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Emsya, YD. 2019. Pengaruh penggunaan WCO Sebagai Bahan Peremaja RAP Terhadap Karakteristik Campuran RAP-Aspal Baru Bergradasi *Superpave*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hadi, MA. 2019. Perbandingan Karakteristik Campuran *Superpave* Berbahan Ikat Starbit E-55 dan Pen 60/70 Akibat Pengaruh Rendaman Air Payau. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hafidz, MD. 2020. Pengaruh Penggunaan Bahan Anti Stripping WETFIX BE Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hesami, E., Birgisson, B., Kringos, N. 2014. *Effect of mixing sequence on the workability and performance of asphalt mixture*. Penelitian. Sweden.
- Pramono dan Cahyono. 1996. Perilaku Campuran Beton Aspal dengan Variasi Gradasi Batuan Berbeda. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Saleh, MS. Aquina, H. dan Angraini, R. 2014. Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi *Styrofoam* Pada Aspal Penetrasi 60/70. Penelitian. Aceh.

Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407. 1994. The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays. Strategic Highway Research Program Nasional Research Council. Washington.

Syehdani. 2003. Pengaruh Variasi Gradasi Agregat Terhadap Campuran HRS-B. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Viman L., Wendel, M., Said, S.F. 2008. berjudul *Long Term Performance of Flow Mixng Technique*. Penelitian, Sweden.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu	
1.	Pemanasan Benda Uji			
		Mulai	09.00	
		Selesai	09.30	
2.	Didiamkan pada suhu ruang			
		Mulai	25° C	09.30
		Selesai	25° C	11.00
3.	Diperiksa			
		Mulai	25° C	11.00
		Selesai	25° C	11.45

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
			Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	63	65		
2.	60	62		
3.	60	62		
4.	60	61		
5.	61	61		
Rata-rata	60,8	62,2		
Rerata	61,5			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Husein
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 895444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat@fkip.uin.ac.id
W. fkip.uin.ac.id

3

Lampiran 2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27 °C	09.00
	Selesai	160 °C	09.30
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	27 °C	09.30
	Selesai	27 °C	10.30
3.	Diperiksa		
	Mulai	5 °C	10.30
	Selesai	50 °C	10.58

HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	5 °C	0	0		
2.	10 °C	145	145		
3.	15 °C	94	94		
4.	20 °C	100	100		
5.	25 °C	113	113		
6.	30 °C	121	121		
7.	35 °C	127	127		
8.	40 °C	134	134		
9.	45 °C	87	87		
10.	50 °C	73	80	48 °C	48,5 °C

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas Aspal

PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1.	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2.	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang $\pm 26^{\circ}\text{C}$
3.	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam Waterbath Pada Suhu 25°C	60 Menit	Suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4.	Pemeriksaan	Diuji Daktilitas Pada Suhu 25°C , Kecepatan 5 Cm Per Menit	20 Menit	Suhu Alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1.	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2.	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung 131, Blok. 11A
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896444 ext. 3200, 3201
F. (0274) 895130
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

5

Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.00
	Selesai	145 °C	09.15
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	145 °C	09.15
	Selesai	25 °C	09.30
3.	Diperiksa		
	Mulai	30 °C	09.45
	Selesai	340 °C	10.30

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1.	Benda Uji 1	327 °C	335 °C

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



Lampiran 5 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1.	Penimbangan	Mulai	10.00	26
2.	Pelarutan	Mulai	10.20	26
3.	Penyaringan	Mulai	10.25	26
		Selesai	10.30	26
4.	Di Oven	Mulai	10.32	110
5.	Penimbangan	Selesai	10.42	26

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1.	Beraterlenmayer kosong (gr)	68,87	74,22
2.	Beraterlenmayer kosong + aspal (gr)	70,02	75,47
3.	Berat aspal (gr) (2-1)	1,15	1,25
4.	Berat kertas saring bersih (gr)	0,6	0,58
5.	Berat kertas saring bersih + mineral (gr)	0,61	0,59
6.	Berat mineral (gr) (5-4)	0,01	0,01
7.	Persentase mineral (%) (6/3*100)	0,869	0,80
8.	Aspal yang larut (%) (100-7)	99,130	99,20
9.	Rata-rata aspal yang larut (%)	99,165	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Alamat: Jl. Raya, No. 100
Kampus, Deserta Universitas Islam Sumatera
J. Kalimantan 14.3 Yogyakarta 10004
T. 0271 880004 ext 2100, 3001
F. 0271 881100
E. labjalan@uisu.ac.id
W. labjalan.ac.id

7

Lampiran 6 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat piknometer kosong (gr)	20,72	12,41
2.	Berat piknometer + aquadest (gr)	44,16	24,42
3.	Berat aquadest (gr) (2-1)	23,44	12,01
4.	Berat piknometer + aspal (gr)	22,97	13,69
5.	Berat aspal (gr) (4-1)	2,25	1,28
6.	Berat piknometer + aspal + aquadest (gr)	44,22	24,48
7.	Berat aquadest (gr) (6-4)	21,25	10,79
8.	Volume aspal (gr) (3-7)	2,19	1,22
9.	Berat jenis aspal = Berat / Vol (5/8)	1,027	1,049
10.	Rata-rata BJ Aspal	1,038	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2020

No.	Keterangan	Benda uji		
		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ) (gram)	1600,14	1619,27	1609,66
2.	Berat benda uji dalam air (BA) (gram)	1001,04	1002,46	1001,75
3.	Berat benda uji kering oven (BK) (gram)	1574,46	1591,42	1582,94
4.	Berat Jenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,63	2,58	2,60
5.	Berat Jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,67	2,63	2,65
6.	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,75	2,70	2,72
7.	Penyerapan air (%) = $\frac{BJ-BK}{BK} \times 100\%$	1,62	1,75	1,69

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung 01 - Blok - 1004
Kampus Terpadu Universitas Padjadjaran
J. Karanganyar 14.5 Jogyakarta 55084
T. (0274) 88444 ext 1106, 8301
F. (0274) 881330
E. labjalan@pkip.unpad.ac.id
W. pkip.unpad.ac.id

9

Lampiran 8 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Oleh Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Agregat ukuran (3/8") Clereng
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tahun Uji : 2020

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	26° C	09.00
	Selesai	150° C	09.20
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150° C	09.20
	Selesai	26° C	11.30
3.	Diperiksa		
	Mulai	26° C	11.30
	Selesai	26° C	13.00

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Benda Uji 1	97%	Memenuhi
2.	Benda Uji 2	97%	Memenuhi
3.	Rata-Rata	97%	Memenuhi

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



Lampiran 2 Pemeriksaan Keausan Agregat (*Abrasi Test*)

PEMERIKSAAN KEUASAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2020

No.	Jenis Gradasi		F	
	Saringan		Benda Uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	1	2
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")	19.0 mm (3/4")		
6.	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500	
7.	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	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	4402,19
12.	Jumlah Tertahan Di Sieve 12 (B)		4402,19	3465,19
13.	Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$		11,96%	21,28%
14.	Rata-rata Keausan (%)		16,62%	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Niasir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirejo km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 89444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

11

Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2020

No.	Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat benda uji dalam keadaan jenuh (BJ) (gram)	500	500	500
2.	Berat piknometer + air (B) (gram)	661,07	692,550	676,810
3.	Berat piknometer + air + benda uji (BT) (gram)	950,86	1012,530	981,695
4.	Berat benda uji kering oven (BK)	485,65	486,530	486,090
5.	Berat jenis (bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,310	2,703	2,506
6.	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,379	2,777	2,578
7.	Berat jenis (semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,480	2,921	2,700
8.	Peyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2,955	2,769	2,862

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Saib, Harsis
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirejo km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 894444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fpsip@uii.ac.id
W. fpsip.uii.ac.id

12

Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* CLERENG

Material : Filler, Clereng
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2020

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat piknometer kosong (gr)	12,04	11,84
2.	Berat piknometer + aquadest (gr)	29,24	29,22
3.	Berat aquadest (gr) (2-1)	17,2	17,38
4.	Berat piknometer + <i>Filler</i> (gr)	13,09	13,24
5.	Berat <i>Filler</i> (gr) (4-1)	1,05	1,4
6.	Berat piknometer + <i>Filler</i> + aquadest (gr)	29,88	30,07
7.	Berat aquadest (gr) (6-4)	16,79	16,83
8.	Volume <i>Filler</i> (gr) (3-7)	0,41	0,55
9.	Berat jenis <i>Filler</i> = Berat / Vol (5/8)	2,561	2,545
10.	Rata-rata BJ <i>Filler</i>	2,553	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung EIT, Lantai
Kompleks Depok Universitas Islam Indonesia
J. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. 02741 598444 ext 2200, 2004
F. 02741 595230
E. fakultas@uii.ac.id
W. www.uii.ac.id

13

Lampiran 12 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tahun Uji : 2020

No.	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1.	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl ₂ (± 10.1 menit)	Mulai		
		Selesai		
2.	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai		
		Selesai		
3.	<i>Clay reading</i> (pembacaan lumpur)	4,3"	3,8"	4,05"
4.	<i>Sand reading</i> (pembacaan pasir)	4,1"	3,6"	3,85"
5.	$Sand\ equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$	95,349%	94,737%	95,043%
<p><i>Remark</i> : Kadar Lumpur = 100% - ASE = 100% - 95,043% = 4,957%</p>				

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Kampus: Gedung 10, Blok 1001
Kampus: Gedung 10, Blok 1001
J. Kebun Paksi No. 153, Setiabudi 10130
T. (021) 88014444 / 88013333
F. (021) 88013333
E. fakultas@binus.ac.id
BINUSIAKAD

Lampiran 3 Pengujian Marshall Test dalam Mencari KAO Campuran Aspal Porus

PENGUJIAN MARSHALL TEST DALAM MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Aspal Porus

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir Subarkah, M.T.

No	Jenis	D ₁₅	D ₃₀	D ₄₅	D ₆₀	D ₇₅	D ₉₀	D ₁₀₅	D ₁₅₀	D ₁₉₀	D ₂₅₀	D ₃₀₀	D ₃₇₅	D ₄₇₅	D ₆₀₀	D ₇₅₀	D ₉₅₀	D ₁₁₇₅	D ₁₄₇₅	D ₁₉₀₀	D ₂₄₇₅	D ₃₁₅₀	D ₃₉₇₅	D ₅₀₂₅	D ₆₃₇₅	D ₈₁₇₅	D ₁₀₄₂₅	D ₁₃₂₇₅	D ₁₆₇₂₅	D ₂₁₂₂₅	D ₂₆₈₂₅	D ₃₃₅₂₅	D ₄₁₄₇₅	D ₅₀₇₂₅	D ₆₁₂₇₅	D ₇₃₁₂₅	D ₈₆₄₇₅	D ₁₀₁₄₂₅	D ₁₁₈₀₂₅	D ₁₃₆₂₇₅	D ₁₅₆₂₂₅	D ₁₇₇₉₇₅	D ₂₀₁₅₂₅	D ₂₂₆₉₇₅	D ₂₅₄₃₂₅	D ₂₈₃₅₇₅	D ₃₁₄₇₂₅	D ₃₄₇₇₇₅	D ₃₈₂₇₂₅	D ₄₁₉₅₇₅	D ₄₅₈₃₂₅	D ₄₉₈₉₇₅	D ₅₄₁₅₂₅	D ₅₈₅₉₇₅	D ₆₃₂₃₂₅	D ₆₈₀₅₇₅	D ₇₃₀₇₂₅	D ₇₈₂₇₇₅	D ₈₃₆₇₂₅	D ₈₉₂₅₇₅	D ₉₅₀₃₂₅	D ₁₀₁₀₀₇₅	D ₁₀₇₀₈₂₅	D ₁₁₃₃₅₇₅	D ₁₁₉₈₃₂₅	D ₁₂₆₅₀₇₅	D ₁₃₃₃₈₂₅	D ₁₄₀₄₅₇₅	D ₁₄₇₇₃₂₅	D ₁₅₅₂₀₇₅	D ₁₆₂₈₈₂₅	D ₁₇₀₇₅₇₅	D ₁₇₈₈₃₂₅	D ₁₈₇₁₀₇₅	D ₁₉₅₅₈₂₅	D ₂₀₄₂₅₇₅	D ₂₁₃₁₃₂₅	D ₂₂₂₂₀₇₅	D ₂₃₁₄₈₂₅	D ₂₄₀₉₅₇₅	D ₂₅₀₆₃₂₅	D ₂₆₀₅₀₇₅	D ₂₇₀₅₈₂₅	D ₂₈₀₈₅₇₅	D ₂₉₁₃₃₂₅	D ₃₀₁₉₀₇₅	D ₃₁₂₅₈₂₅	D ₃₂₃₄₅₇₅	D ₃₃₄₅₃₂₅	D ₃₄₅₈₀₇₅	D ₃₅₇₂₈₂₅	D ₃₆₈₉₅₇₅	D ₃₈₀₈₃₂₅	D ₃₉₂₉₀₇₅	D ₄₀₅₁₈₂₅	D ₄₁₇₆₅₇₅	D ₄₃₀₄₃₂₅	D ₄₄₃₄₀₇₅	D ₄₅₆₅₈₂₅	D ₄₆₉₉₅₇₅	D ₄₈₃₅₃₂₅	D ₄₉₇₃₀₇₅	D ₅₁₁₂₈₂₅	D ₅₂₅₄₅₇₅	D ₅₃₉₈₃₂₅	D ₅₅₄₄₀₇₅	D ₅₆₉₁₈₂₅	D ₅₈₄₁₅₇₅	D ₅₉₉₃₃₂₅	D ₆₁₄₇₀₇₅	D ₆₃₀₂₈₂₅	D ₆₄₆₀₅₇₅	D ₆₆₂₁₃₂₅	D ₆₇₈₄₀₇₅	D ₆₉₄₈₈₂₅	D ₇₁₁₅₅₇₅	D ₇₂₈₄₃₂₅	D ₇₄₅₅₀₇₅	D ₇₆₂₇₈₂₅	D ₇₈₀₂₅₇₅	D ₇₉₇₉₃₂₅	D ₈₁₅₈₀₇₅	D ₈₃₃₈₈₂₅	D ₈₅₂₁₅₇₅	D ₈₇₀₆₃₂₅	D ₈₈₉₃₀₇₅	D ₉₀₈₁₈₂₅	D ₉₂₇₂₅₇₅	D ₉₄₆₅₃₂₅	D ₉₆₅₉₀₇₅	D ₉₈₅₄₈₂₅	D ₁₀₀₅₂₅₇₅	D ₁₀₂₅₂₃₂₅	D ₁₀₄₅₄₀₇₅	D ₁₀₆₅₇₈₂₅	D ₁₀₈₆₃₆₇₅	D ₁₁₀₇₁₅₂₅	D ₁₁₂₈₁₃₇₅	D ₁₁₄₉₃₂₂₅	D ₁₁₇₀₇₀₇₅	D ₁₁₉₂₂₈₂₅	D ₁₂₁₄₀₅₇₅	D ₁₂₃₆₀₃₂₅	D ₁₂₅₈₂₀₇₅	D ₁₂₈₀₅₈₂₅	D ₁₃₀₃₁₅₇₅	D ₁₃₂₅₉₃₂₅	D ₁₃₄₈₉₀₇₅	D ₁₃₇₂₀₈₂₅	D ₁₃₉₅₄₆₇₅	D ₁₄₁₉₀₅₂₅	D ₁₄₄₂₈₃₇₅	D ₁₄₆₆₈₂₂₅	D ₁₄₉₁₀₀₇₅	D ₁₅₁₅₃₉₂₅	D ₁₅₄₀₀₇₇₅	D ₁₅₆₄₉₆₂₅	D ₁₅₉₀₁₄₇₅	D ₁₆₁₅₅₃₂₅	D ₁₆₄₁₁₁₇₅	D ₁₆₆₆₉₀₂₅	D ₁₆₉₂₈₈₇₅	D ₁₇₁₉₀₇₂₅	D ₁₇₄₅₄₅₇₅	D ₁₇₇₂₀₄₂₅	D ₁₇₉₈₈₂₇₅	D ₁₈₂₅₈₁₂₅	D ₁₈₅₂₉₉₇₅	D ₁₈₈₀₃₈₂₅	D ₁₉₀₇₉₆₇₅	D ₁₉₃₅₇₅₂₅	D ₁₉₆₃₇₃₇₅	D ₁₉₉₁₉₂₂₅	D ₂₀₂₀₃₀₇₅	D ₂₀₄₈₈₉₂₅	D ₂₀₇₇₆₇₇₅	D ₂₁₀₆₆₆₂₅	D ₂₁₃₅₈₄₇₅	D ₂₁₆₅₂₃₂₅	D ₂₁₉₄₈₁₇₅	D ₂₂₂₄₅₀₂₅	D ₂₂₅₄₃₈₇₅	D ₂₂₈₄₄₇₂₅	D ₂₃₁₄₇₅₇₅	D ₂₃₄₅₂₄₂₅	D ₂₃₇₅₉₂₇₅	D ₂₄₀₆₈₁₂₅	D ₂₄₃₇₈₉₇₅	D ₂₄₆₉₁₈₂₅	D ₂₅₀₀₆₆₇₅	D ₂₅₃₂₃₅₂₅	D ₂₅₆₄₂₃₇₅	D ₂₅₉₆₃₂₂₅	D ₂₆₂₈₆₀₇₅	D ₂₆₆₁₀₉₂₅	D ₂₆₉₃₇₇₇₅	D ₂₇₂₆₆₆₂₅	D ₂₇₅₉₇₄₇₅	D ₂₇₉₃₀₃₂₅	D ₂₈₂₆₅₁₇₅	D ₂₈₆₀₂₀₂₅	D ₂₈₉₄₀₈₇₅	D ₂₉₂₈₁₇₂₅	D ₂₉₆₂₄₅₇₅	D ₂₉₉₆₉₄₂₅	D ₃₀₃₁₆₂₇₅	D ₃₀₆₆₅₁₂₅	D ₃₁₀₁₆₀₇₅	D ₃₁₃₆₈₉₂₅	D ₃₁₇₂₃₇₇₅	D ₃₂₀₈₀₆₂₅	D ₃₂₄₃₉₄₇₅	D ₃₂₈₀₀₃₂₅	D ₃₃₁₆₃₁₇₅	D ₃₃₅₂₈₀₂₅	D ₃₃₈₉₄₈₇₅	D ₃₄₂₆₃₇₂₅	D ₃₄₆₃₄₅₇₅	D ₃₅₀₀₇₄₂₅	D ₃₅₃₈₂₂₇₅	D ₃₅₇₅₉₁₂₅	D ₃₆₁₃₇₉₇₅	D ₃₆₅₁₈₈₂₅	D ₃₆₉₀₁₆₇₅	D ₃₇₂₈₆₅₂₅	D ₃₇₆₇₃₃₇₅	D ₃₈₀₆₂₂₂₅	D ₃₈₄₅₃₀₇₅	D ₃₈₈₄₅₉₂₅	D ₃₉₂₄₀₇₇₅	D ₃₉₆₃₈₆₂₅	D ₄₀₀₃₈₄₇₅	D ₄₀₄₄₀₃₂₅	D ₄₀₈₄₄₁₇₅	D ₄₁₂₄₉₀₂₅	D ₄₁₆₅₄₈₇₅	D ₄₂₀₆₂₇₂₅	D ₄₂₄₇₂₅₇₅	D ₄₂₈₈₄₄₂₅	D ₄₃₂₉₈₂₇₅	D ₄₃₇₁₄₁₂₅	D ₄₄₁₃₁₉₇₅	D ₄₄₅₅₁₈₂₅	D ₄₄₉₇₃₆₇₅	D ₄₅₃₉₇₅₂₅	D ₄₅₈₂₃₃₇₅	D ₄₆₂₅₁₂₂₅	D ₄₆₆₈₁₀₇₅	D ₄₇₁₁₂₉₂₅	D ₄₇₅₄₆₇₇₅	D ₄₇₉₈₂₆₂₅	D ₄₈₄₂₀₄₇₅	D ₄₈₈₆₀₃₂₅	D ₄₉₃₀₂₁₇₅	D ₄₉₇₄₆₀₂₅	D ₅₀₁₉₁₈₇₅	D ₅₀₆₃₉₇₂₅	D ₅₁₀₈₉₅₇₅	D ₅₁₅₄₁₄₂₅	D ₅₁₉₉₅₂₇₅	D ₅₂₄₅₁₁₂₅	D ₅₂₉₀₈₉₇₅	D ₅₃₃₆₈₈₂₅	D ₅₃₈₃₀₆₇₅	D ₅₄₂₉₄₅₂₅	D ₅₄₇₆₀₃₇₅	D ₅₅₂₂₈₂₂₅	D ₅₅₆₉₈₀₇₅	D ₅₆₁₆₉₉₂₅	D ₅₆₆₄₃₇₇₅	D ₅₇₁₁₉₆₂₅	D ₅₇₅₉₇₄₇₅	D ₅₈₀₇₇₃₂₅	D ₅₈₅₅₉₁₇₅	D ₅₉₀₄₃₀₂₅	D ₅₉₅₂₈₈₇₅	D ₆₀₀₁₆₇₂₅	D ₆₀₅₀₆₅₇₅	D ₆₀₉₉₈₄₂₅	D ₆₁₄₉₂₂₇₅	D ₆₁₉₈₈₁₂₅	D ₆₂₄₈₅₉₇₅	D ₆₂₉₈₅₈₂₅	D ₆₃₄₈₇₆₇₅	D ₆₃₉₉₁₅₂₅	D ₆₄₄₉₇₃₇₅	D ₆₅₀₀₅₂₂₅	D ₆₅₅₁₅₀₇₅	D ₆₆₀₂₆₉₂₅	D ₆₆₅₄₀₇₇₅	D ₆₇₀₅₆₆₂₅	D ₆₇₅₇₄₄₇₅	D ₆₈₀₉₄₃₂₅	D ₆₈₆₁₆₁₇₅	D ₆₉₁₄₀₀₂₅	D ₆₉₆₆₅₈₇₅	D ₇₀₁₉₃₇₂₅	D ₇₀₇₂₃₅₇₅	D ₇₁₂₅₅₄₂₅	D ₇₁₇₈₉₂₇₅	D ₇₂₃₂₅₁₂₅	D ₇₂₈₆₂₉₇₅	D ₇₃₄₀₂₈₂₅	D ₇₃₉₄₄₆₇₅	D ₇₄₄₈₈₅₂₅	D ₇₅₀₃₄₃₇₅	D ₇₅₅₈₂₂₂₅	D ₇₆₁₃₂₀₇₅	D ₇₆₆₈₃₉₂₅	D ₇₇₂₃₇₇₇₅	D ₇₇₇₉₄₆₂₅	D ₇₈₃₅₃₄₇₅	D ₇₈₉₁₄₃₂₅	D ₇₉₄₇₇₁₇₅	D ₈₀₀₄₂₀₂₅	D ₈₀₆₀₈₈₇₅	D ₈₁₁₇₇₇₂₅	D ₈₁₇₄₈₅₇₅	D ₈₂₃₂₁₄₂₅	D ₈₂₈₉₆₂₇₅	D ₈₃₄₇₃₁₂₅	D ₈₄₀₅₂₀₇₅	D ₈₄₆₃₂₉₂₅	D ₈₅₂₁₅₇₇₅	D ₈₅₈₀₀₆₂₅	D ₈₆₃₈₇₄₇₅	D ₈₆₉₇₆₃₂₅	D ₈₇₅₆₇₁₇₅	D ₈₈₁₆₀₀₂₅	D ₈₈₇₅₄₈₇₅	D ₈₉₃₅₁₇₂₅	D ₈₉₉₅₀₅₇₅	D ₉₀₅₅₁₄₂₅	D ₉₁₁₅₄₂₇₅	D ₉₁₇₅₉₁₂₅	D ₉₂₃₆₅₉₇₅	D ₉₂₉₇₄₈₂₅	D ₉₃₅₈₅₆₇₅	D ₉₄₁₉₈₅₂₅	D ₉₄₈₁₃₃₇₅	D ₉₅₄₃₀₂₂₅	D ₉₆₀₄₉₀₇₅	D ₉₆₆₆₉₉₂₅	D ₉₇₂₉₂₇₇₅	D ₉₇₉₁₇₆₂₅	D ₉₈₅₄₄₄₇₅	D ₉₉₁₇₃₃₂₅	D ₉₉₈₀₄₁₇₅	D ₁₀₀₄₃₆₉₂₅	D ₁₀₁₀₈₄₈₇₅	D ₁₀₁₇₃₄₉₂₅	D ₁₀₂₃₈₇₀₇₅	D ₁₀₃₀₄₁₂₂₅	D ₁₀₃₆₉₇₃₇₅	D ₁₀₄₃₆₅₅₂₅	D ₁₀₅₀₃₅₆₇₅	D ₁₀₅₇₀₇₈₂₅	D ₁₀₆₃₉₁₉₇₅	D ₁₀₇₀₇₈₁₂₅	D ₁₀₇₇₆₆₂₇₅	D ₁₀₈₄₅₆₄₂₅	D ₁₀₉₁₄₈₅₇₅	D ₁₀₉₈₄₂₇₂₅	D ₁₁₀₅₃₈₈₇₅	D ₁₁₁₂₃₆₀₂₅	D ₁₁₁₉₃₅₁₇₅	D ₁₁₂₆₃₆₃₂₅	D ₁₁₃₃₃₉₄₇₅	D ₁₁₄₀₄₄₆₂₅	D ₁₁₄₇₅₁₇₇₅	D ₁₁₅₄₆₀₉₂₅	D ₁₁₆₁₇₂₀₇₅	D ₁₁₆₈₈₅₂₂₅	D ₁₁₇₆₀₀₃₇₅	D ₁₁₈₃₁₇₅₂₅	D ₁₁₉₀₃₆₇₇₅	D ₁₁₉₇₅₈₁₂₅	D ₁₂₀₄₈₁₄₇₅	D ₁₂₁₂₀₆₈₂₅	D ₁₂₁₉₃₄₂₇₅	D ₁₂₂₆₆₃₇₂₅	D ₁₂₃₃₉₅₁₇₅	D ₁₂₄₁₂₈₆₂₅	D ₁₂₄₈₆₄₀₇₅	D ₁₂₅₆₀₁₅₂₅	D ₁₂₆₃₄₀₉₇₅	D ₁₂₇₀₈₂₄₂₅	D ₁₂₇₈₂₅₈₇₅	D ₁₂₈₅₇₁₃₂₅	D ₁₂₉₃₁₈₇₇₅	D ₁₃₀₀₆₈₂₂₅	D ₁₃₀₈₁₉₆₇₅	D ₁₃₁₅₇₃₁₂₅	D ₁₃₂₃₂₈₅₇₅	D ₁₃₃₀₈₅₀₂₅	D ₁₃₃₈₄₃₄₇₅	D ₁₃₄₆₀₃₉₂₅	D ₁₃₅₃₆₆₃₇₅	D ₁₃₆₁₃₀₈₂₅	D ₁₃₆₈₉₇₂₇₅	D ₁₃₇₆₆₅₇₂₅	D ₁₃₈₄₃₆₁₇₅	D ₁₃₉₂₀₈₆₂₅	D ₁₃₉₉₈₃₀₇₅	D ₁₄₀₇₅₉₅₂₅	D ₁₄₁₅₃₇₉₇₅	D ₁₄₂₃₁₈₄₂₅	D ₁₄₃₁₀₀₈₇₅	D ₁₄₃₈₈₅₃₂₅	D ₁₄₄₆₇₁₇₇₅	D ₁₄₅₄₆₀₂₂₅	D ₁₄₆₂₅₀₆₇₅	D ₁₄₇₀₄₃₁₂₅	D ₁₄₇₈₃₇₅₇₅	D ₁₄₈₆₃₃₉₂₅	D ₁₄₉₄₃₂₂₇₅	D ₁₅₀₂₃₂₆₂₅	D ₁₅₁₀₃₄₉₇₅	D ₁₅₁₈₃₉₃₂₅	D ₁₅₂₆₄₅₆₇₅	D ₁₅₃₄₅₃₉₂₅	D ₁₅₄₂₆₄₁₇₅	D ₁₅₅₀₇₆₄₂₅	D ₁₅₅₈₉₀₆₇₅	D ₁₅₆₇₀₆₉₂₅	D ₁₅₇₅₂₅₁₇₅	D ₁₅₈₃₄₅₄₂₅	D ₁₅₉₁₆₇₆₇₅	D ₁₆₀₀₀₁₈₂₅	D ₁₆₀₈₃₇₉₇₅	D ₁₆₁₆₇₆₁₂₅	D ₁₆₂₅₁₆₂₇₅	D ₁₆₃₃₅₈₄₂₅	D ₁₆₄₂₀₂₅₇₅	D ₁₆₅₀₄₈₇₂₅	D ₁₆₅₈₉₆₉₇₅	D ₁₆₆₇₄₇₂₂₅	D ₁₆₇₆₀₀₄₇₅	D ₁₆₈₄₅₅₇₂₅	D ₁₆₉₃₁₃₀₇₅	D ₁₇₀₁₇₂₄₂₅	D ₁₇₁₀₃₃₈₇₅	D ₁₇₁₈₉₇₃₂₅	D ₁₇₂₇₆₂₇₇₅	D ₁₇₃₆₃₀₂₂₅	D ₁₇₄₄₉₉₆₇₅	D ₁₇₅₃₇₁₁₂₅	D ₁₇₆₂₄₄₅₇₅	D ₁₇₇₁₁₉₉₂₅	D ₁₇₈₀₀₇₂₇₅	D ₁₇₈₈₉₆₅₂₅	D ₁₇₉₇₈₇₆₇₅	D ₁₈₀₆₈₀₇₂₅	D ₁₈₁₅₇₅₆₇₅	D ₁₈₂₄₇₂₅₂₅	D ₁₈₃₃₇₁₂₇₅	D ₁₈₄₂₇₁₈₂₅	D ₁₈₅₁₇₄₂₇₅	D ₁₈₆₀₇₈₅₂₅	D ₁₈₆₉₈₄₆₇₅	D ₁₈₇₈₉₂₆₂₅	D ₁₈₈₈₀₂₃₇₅	D ₁₈₉₇₁₃₉₂₅	D ₁₉₀₆₂₇₂₇₅	D ₁₉₁₅₄₂₄₂₅	D ₁₉₂₄₅₉₃₇₅	D ₁₉₃₃₇₈₁₂₅	D ₁₉₄₂₉₈₆₇₅	D ₁₉₅₂₂₀₉₂₅	D ₁₉₆₁₄₄₈₇₅	D ₁₉₇₀₇₀₅₂₅	D ₁₉₇₉₉₇₈₇₅	D ₁₉₈₉₂₆₉₂₅	D ₁₉₉₈₅₇₆₇₅	D ₂₀₀₇₈₉₉₂₅	D ₂₀₁₇₂₃₇₇₅	D ₂₀₂₆₅₉₂₂₅	D ₂₀₃₅₉₆₂₇₅	D ₂₀₄₅₃₄₉₂₅	D ₂₀₅₄₇₅₁₇₅	D ₂₀₆₄₁₇₀₂₅	D ₂₀₇₃₆₀₅₇₅	D ₂₀₈₃₀₅₇₂₅	D ₂₀₉₂₅₂₄₇₅	D ₂₁₀₂₀₀₇₂₅	D ₂₁₁₁₅₀₅₇₅	D ₂₁₂₁₀₁₉₂₅	D ₂₁₃₀₅₄₈₇₅	D ₂₁₄₀₀₉₃₂₅	D ₂₁₄₉₆₅₂₇₅	D ₂₁₅₉₂₂₇₂₅	D ₂₁₆₈₈₁₆₇₅	D ₂₁₇₈₄₂₀₂₅	D ₂₁₈₈₀₃₈₇₅	D ₂₁₉₇₆₇₁₂₅	D ₂₂₀₇₃₁₈₇₅	D ₂₂₁₆₉₈₁₂₅	D ₂₂₂₆₆₅₈₇₅	D ₂₂₃₆₃₅₁₂₅	D ₂₂₄₆₀₅₈₇₅	D ₂₂₅₅₇₈₁₂₅	D ₂₂₆₅₅₁₈₇₅	D ₂₂₇₅₂₇₁₂₅	D ₂₂₈₅₀₃₈₇₅	D ₂₂₉₄₈₂₁₂₅	D ₂₃₀₄₆₁₉₇₅	D ₂₃₁₄₄₃₃₂₅	D ₂₃₂₄₂₆₁₇₅	D ₂₃₃₄₁₀₄₂₅	D ₂₃₄₃₉₆₁₇₅	D ₂₃₅₃₈₃₃₂₅	D ₂₃₆₃₇₁₉₇₅	D ₂₃₇₃₆₂₁₂₅	D ₂₃₈₃₅₃₇₇₅	D ₂₃₉₃₄₆₉₂₅	D ₂₄₀₃₄₁₅₇₅	D ₂₄₁₃₃₇₇₂₅	D ₂₄₂₃₃₅₃
----	-------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	----------------------



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**
Gedung 14, Loka, Aziz
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0271) 855444 ext 3204, 3207
F. (0271) 855330
E. debanat@ipb-cc.uoi.ac.id
W. <http://ipb-cc.uoi.ac.id>

Lampiran 15 Pengujian Immersion Test dalam Campuran Superpave

PENGUJIAN IMMERSION TEST CAMPURAN SUPERPAVE

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Superpave

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	(%)	(%)	Koreksi Tabal	Stab (kg)	Flow (mm)	
A	68,12	6,50	6,1	1174,08	1177,00	676,85	500,75	2,347	2,463	13,769	81540	4,692	18,46	74,59	4,69	95	1381,61	1235,65	3,20	386,20
B	67,42	6,50	6,1	1177,51	1180,11	677,02	503,03	2,341	2,463	13,728	81300	4,972	18,70	73,41	4,97	95	1381,61	1280,03	3,10	406,46
C	66,89	6,50	6,1	1176,36	1181,10	676,96	504,14	2,333	2,463	13,886	81051	5,282	18,95	72,23	5,26	94	1367,07	1264,88	2,90	436,76
								2,340					18,70	73,41	4,98			1253,58	3,07	403,61
2A	67,77	6,50	6,1	1176,15	1178,08	675,50	502,58	2,340	2,463	13,726	81288	4,985	18,71	73,36	4,99	90	1308,89	1182,26	3,00	394,09
2B	67,85	6,50	6,1	1170,18	1177,10	676,61	500,49	2,338	2,463	13,714	81214	5,073	18,79	73,00	5,07	89	1294,35	1166,53	3,00	388,84
2C	66,57	6,50	6,1	1172,75	1176,75	678,62	498,13	2,354	2,463	13,809	81778	4,414	18,22	75,78	4,41	89	1294,35	1206,90	3,00	402,30
								2,344					18,57	74,04	4,82			1185,23	3,00	395,08
3A	67,20	6,50	6,1	1178,30	1183,70	662,74	500,96	2,352	2,463	13,796	81700	4,504	18,30	75,39	4,50	88	1279,81	1174,22	2,90	570,53
3B	69,59	6,50	6,1	1177,10	1156,39	652,51	503,88	2,336	2,463	13,702	81144	5,154	18,86	72,67	5,15	89	1294,35	1151,97	3,10	371,60
3C	67,39	6,50	6,1	1177,70	1159,27	659,37	499,90	2,356	2,463	13,816	81632	4,350	18,17	76,06	4,35	88	1279,81	1148,95	2,90	396,79
								2,348					18,44	74,70	4,67			1158,38	2,77	426,11

Menggetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya
(Signature)
Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti
(Signature)
Alan Tri Wahyudi
15511128



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**
Gedung 01, Lbh. 1901
Kampus: Himpun University, Sunan Kalijaga
J. Kalijaga no. 14,5 Yogyakarta 55184
T. 0271 895330 ext. 3100, 3101
E. oelantir@upii.ac.id
W. hntanir@upii.ac.id

Lampiran 16 Pengujian Immersion Test dalam Campuran Aspal Porus

PENGUJIAN IMMERSION TEST CAMPURAN ASPAL PORUS

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Aspal Porus

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Koreksi		i' (kg/mm)	MQ
																		g	h		
A	75,83	5,86	5,5	1125,44	1183,64	627,62	556,02	2,024	2,483	10,782	70,727	18,491	29,27	36,83	8,49	28	414,52	0,7846	316,95	5,10	62,75
	74,53	5,86	5,5	1120,38	1170,28	621,44	548,84	2,041	2,483	10,874	71,330	17,756	28,67	37,93	17,80	29	429,32	0,7809	336,24	5,00	67,05
	77,87	5,86	5,5	1126,94	1173,77	622,93	550,84	2,045	2,483	10,892	71,449	17,658	28,55	38,75	17,66	31	458,93	0,7416	340,35	5,10	66,74
								2,037					28,83	37,64	17,98				330,85	5,07	65,31
24	77,20	5,86	5,5	1128,93	1178,24	622,33	555,91	2,031	2,483	10,818	70,980	18,222	29,04	37,25	18,22	29	429,32	0,7475	320,92	5,10	69,76
	76,20	5,86	5,5	1122,53	1170,01	622,05	547,96	2,030	2,483	10,815	70,944	18,241	29,06	37,22	18,24	31	458,93	0,7800	346,79	5,00	69,76
	74,83	5,86	5,5	1127,77	1173,37	621,23	552,14	2,043	2,483	10,880	71,372	17,748	28,63	38,01	17,75	31	458,93	0,7771	356,64	5,00	71,33
								2,035					28,91	37,49	18,07				342,12	5,03	68,00
34	76,12	5,86	5,5	1127,77	1187,76	630,46	557,30	2,024	2,483	10,780	70,711	18,570	29,29	36,80	18,51	32	473,73	0,7670	380,51	4,90	73,57
	76,20	5,86	5,5	1122,89	1173,90	627,60	546,30	2,055	2,483	10,949	71,822	17,228	28,78	38,86	17,23	32	473,73	0,7800	380,04	5,10	70,60
	77,10	5,86	5,5	1126,69	1175,07	626,03	549,04	2,052	2,483	10,931	71,706	17,383	28,29	38,63	17,36	32	473,73	0,7488	364,71	5,00	70,94
								2,044					28,59	38,10	17,70				358,47	5,00	71,70

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Alan Tri Wahyudi
15511128



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung Eri, Blok. 1000
Kampus Perintis Unerdi Jalan Kelenasan
Jl. Kelenasan 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0271) 898444 ext 2100, 3101
F. (0271) 895380
E. labanal@ipit.its.ac.id
W. <http://ipit.its.ac.id>

Lampiran 17 Pengujian ITS pada Campuran Superpave dengan Variasi Metode Pencampuran

PENGUJIAN ITS PADA CAMPURAN SUPERPAVE DENGAN VARIASI METODE PENCAMPURAN

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Superpave

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.IT

Sampel	Tebal	Retrata	Metode 1			ITS (kg/cm ²)	
			Angka koreksi	Meas	Stabilitas		
1	67,1	66,7	0,93	47	872,30	0,159	20,84
2	64	64,8	0,99	42	823,35	0,159	20,31
3	66,4	66,8	0,93	46	848,40	0,159	20,19
Rata-rata							
Metode 2							
Sampel	Tebal	Retrata	Angka koreksi	Meas	Stabilitas	AO	ITS (kg/cm ²)
1	65	64,5	0,93	44	813,70	0,159	19,92
2	65,1	65,5	0,97	40	772,87	0,159	18,90
3	67,8	66,2	0,93	43	792,00	0,159	18,82
Rata-rata							
Metode 3							
Sampel	Tebal	Retrata	Angka koreksi	Meas	Stabilitas	AO	ITS (kg/cm ²)
1	68,5	67,4	0,90	39	698,62	0,159	16,37
2	66,4	66,3	0,93	40	737,74	0,159	17,56
3	66,3	66,9	0,93	39	719,30	0,159	17,12
Rata-rata							
17,02							

Peneliti

Mengetahui,
Ka Lab Jalan Raya
Ir. Subarkah, M.IT

Alan Tri Wahyudi
15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung DI. Uok. Inoos
Cemara, Bendo, Jember, Jember, Indonesia
Jl. Kluwut No. 12,5 Jember, Jawa Timur 60132
T. 0371 853330
F. 0371 853330
E. petanah@its.ac.id
W. its.ac.id

19

Lampiran 18 Pengujian ITS pada Campuran Aspal Porus dengan Variasi Metode Pencampuran

PENGUJIAN ITS PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN VARIASI METODE PENCAMPURAN

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Superpave

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T

Sampel	Tebal	Rerata	Metode 1			A0	ITS (kg/cm ²)
			Angka koreksi	Meas	Stabilitas		
1	80,9	80,3	78,40	79,87	20	369,86	7,36
2	80,3	80,8	79,8	80,30	17	199,45	3,95
3	79,9	80,1	80,5	80,17	19	224,17	4,45
Rata-rata			Rata-rata				5,25
Sampel	Tebal	Rerata	Metode 2			A0	ITS (kg/cm ²)
			Angka koreksi	Meas	Stabilitas		
1	79,5	80,6	80,7	80,27	17	228,39	4,52
2	79,7	78,90	78,6	79,07	19	234,56	4,72
3	78,8	79,9	80,4	79,70	19	259,28	5,17
Rata-rata			Rata-rata				4,80
Sampel	Tebal	Rerata	Metode 3			A0	ITS (kg/cm ²)
			Angka koreksi	Meas	Stabilitas		
1	76,1	79	78	77,70	21	273,52	5,60
2	72	75,8	75,4	74,40	19	278,64	5,95
3	73	74,5	75,8	74,43	20	292,98	6,26
Rata-rata			Rata-rata				5,94

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi

15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung 04, Blok. Negeri
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55584
T. 0271 894444 ext. 3200, 3201
F. 0271 893330
E. dekanat@ipn-iiu.ac.id
W. ipn-iiu.ac.id

Lampiran 19 Pengujian *Cantabro* pada Campuran *Superpave* dengan Variasi Metode Pencampuran
PENGUJIAN CANTABRO PADA CAMPURAN SUPERPAVE DENGAN VARIASI METODE PENCAMPURAN

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : *Superpave*

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Kode	<i>Superpave</i>			Sampel	Kode	Aspal Porus		
		Berat sebelum uji (gram)	Berat sesudah uji (gram)	Cantabro Loss (%)			Berat sebelum uji (gram)	Berat sesudah uji (gram)	Cantabro Loss (%)
Metode 1	1	1169,34	1128,41	3,50	Metode 1	1	1145,5	827,21	27,79
	2	1179,03	1164,27	1,25		2	1134,61	833,12	26,57
	3	1163,7	1136,29	2,36		3	1140,23	812,32	28,76
		Rata-rata		2,37		Rata-rata		27,71	
Metode 2	1	1146,02	1075,72	6,13	Metode 2	1	1158,79	801,34	30,85
	2	1185,23	1148	3,14		2	1158,32	819,08	29,29
	3	1175,12	1135,87	3,34		3	1147,7	805,67	29,80
		Rata-rata		3,24		Rata-rata		29,98	
Metode 3	1	1178,64	1123,06	4,72	Metode 3	1	1130,95	837,14	25,98
	2	1182,91	1137,14	3,87		2	1148,79	886,34	22,85
	3	1171,29	1130,94	3,44		3	1150,34	856,66	25,53
		Rata-rata		4,01		Rata-rata		24,78	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Ir. Subarkah, M.T.

Alan Tri Wahyudi

15511128



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS Gedung s1, 1506, Husein
TEKNIK SIPIL Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
& PERENCANAAN Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55584
T. 02714 89444 ext 3200, 3201
E. dehanar@ipr.uin-suka.ac.id
W. http://iur.ac.id

21

Lampiran 20 Pengujian TSR pada Campuran *Superpave* dengan Variasi Metode Pencampuran

PENGUJIAN TSR PADA CAMPURAN *SUPERPAVE* DENGAN VARIASI METODE PENCAMPURAN

Tahun Pengujian : 2020
Type Campuran : *Superpave*

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T

Sampel	Tebal			Rerata	Angka koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
	1	2	3						
1	66,9	65,9	66,7	66,50	0,94	32	594,97	0,159	14,23
2	66	65,70	65,8	65,83	0,95	32	605,57	0,159	14,63
3	66,7	66,8	67,3	66,93	0,92	33	606,45	0,159	14,41
Rata-rata									
Metode 1									
Rata-rata									
Metode 2									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	65,5	65	65,20	65,23	0,93	31	573,29	0,159	13,97
2	65,4	65,3	64,4	65,03	0,97	29	560,33	0,159	13,70
3	67,8	66,6	66,9	67,10	0,92	30	550,32	0,159	13,04
Rata-rata									
Metode 3									
Rata-rata									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	67,5	67,2	67,3	67,33	0,91	28	508,99	0,159	12,02
2	66,4	67,3	67,7	67,13	0,92	28	511,78	0,159	12,12
3	67,6	67,1	67,2	67,30	0,92	29	527,65	0,159	12,47
Rata-rata									
Metode 3									
Rata-rata									

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Alan Tri Wahyudi

15511128



**LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**
Gedung El. Isha, Ihsani
Komplek Terpadu Universitas Islam Indonesia
J. Kaligondong km 14,5 Yogyakarta 55584
T. 0271 898444 ext 3200, 3201
F. 0271 895390
E. labasad@uii.ac.id
M. hsp@uii.ac.id

Lampiran 21 Pengujian *TSR* pada Campuran Aspal Porus dengan Variasi Metode Pencampuran
PENGUJIAN *TSR* PADA CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN VARIASI METODE PENCAMPURAN

Tahun Pengujian : 2020
Tipe Campuran : Aspal Porus

Dikerjakan Oleh : Alan Tri Wahyudi
Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T

Sampel	Tebal		Rerata	Angka koreksi		Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
	1	2		1	2				
1	76,3	77	78,1	0,67	0,73	17	226,21	0,159	4,66
2	74	75,4	75,2	0,73	0,74	16	230,93	0,159	4,90
3	73,3	74,2	75,7	0,74		18	263,98	0,159	5,64
Rata-rata									
Metode 1									
Metode 2									
Sampel	Tebal		Rerata	Angka koreksi		Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	80,1	79,8	79,40	0,93	0,62	17	314,39	0,159	6,27
2	79,3	78,8	78,97	0,62	0,64	15	185,93	0,159	3,74
3	77,9	78,1	79,1	0,64		16	203,09	0,159	4,12
Rata-rata									
Metode 3									
Sampel	Tebal		Rerata	Angka koreksi		Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm ²)
1	78,6	77,6	78,7	0,71		15	212,52	0,159	4,32
2	78,5	78,60	78,6	0,63		16	201,50	0,159	4,08
3	78,4	79,2	78,4	0,71		16	224,50	0,159	4,54
Rata-rata									

Mengetahui,
Ka Lab. Jalan Raya

Handwritten signature

Ir. Subarkah, M.T

Handwritten signature

Alan Tri Wahyudi
15511128

Lampiran 22. Hasil Analisis *VITM* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.054	2	6	.027

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.023	2	.012	.036	.965
Within Groups	1.935	6	.323		
Total	1.958	8			



Lampiran 23. Hasil Analisis *VITM* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.044	2	6	.122

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.548	2	7.274	17.394	.003
Within Groups	2.509	6	.418		
Total	17.057	8			



Lampiran 24. Hasil Analisis VMA Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.033	2	6	.027

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.016	2	.008	.033	.968
Within Groups	1.415	6	.236		
Total	1.430	8			



Lampiran 25. Hasil Analisis VMA Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.984	2	6	.126

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.938	2	5.469	17.366	.003
Within Groups	1.890	6	.315		
Total	12.828	8			



Lampiran 26. Hasil Analisis VFWA Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.324	2	6	.025

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.481	2	.240	.041	.960
Within Groups	35.002	6	5.834		
Total	35.483	8			



Lampiran 27. Hasil Analisis *VFWA* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.128	2	6	.075

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.814	2	21.907	16.705	.004
Within Groups	7.869	6	1.311		
Total	51.683	8			



Lampiran 28. Hasil Analisis *Density* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.235	2	6	.008

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.059	.943
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.001	8			



Lampiran 29. Hasil Analisis *Density* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.576	2	6	.282

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	2	.005	17.148	.003
Within Groups	.002	6	.000		
Total	.012	8			



Lampiran 30. Hasil Analisis *Flow* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.787	2	6	.029

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.149	2	.074	1.136	.382
Within Groups	.393	6	.066		
Total	.542	8			



Lampiran 31. Hasil Analisis *Flow* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.454	2	6	.065

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.014	.986
Within Groups	.044	6	.007		
Total	.044	8			



Lampiran 32. Hasil Analisis Stabilitas Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.646	2	6	.269

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15130.873	2	7565.436	3.420	.102
Within Groups	13271.962	6	2211.994		
Total	28402.834	8			



Lampiran 33. Hasil Analisis Stabilitas Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.336	2	6	.331

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.386	2	16.193	.067	.936
Within Groups	1455.307	6	242.551		
Total	1487.693	8			



Lampiran 34. Hasil Analisis *MQ* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.870	2	6	.021

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2260.614	2	1130.307	.308	.746
Within Groups	22000.910	6	3666.818		
Total	24261.524	8			



Lampiran 35. Hasil Analisis *MQ* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.202	2	6	.823

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.482	2	1.241	.212	.815
Within Groups	35.075	6	5.846		
Total	37.558	8			



Lampiran 36. Hasil Analisis *ITS* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.774	2	6	.502

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.111	2	9.056	31.671	.001
Within Groups	1.716	6	.286		
Total	19.827	8			



Lampiran 37. Hasil Analisis *ITS* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.434	2	6	.018

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.954	2	.977	.812	.488
Within Groups	7.222	6	1.204		
Total	9.176	8			



Lampiran 38. Hasil Analisis *Cantabro* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.858	2	6	.235

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.088	2	3.044	2.037	.211
Within Groups	8.968	6	1.495		
Total	15.056	8			



Lampiran 39. Hasil Analisis *Cantabro* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.478	2	6	.301

ANOVA

hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40.665	2	20.333	12.977	.007
Within Groups	9.401	6	1.567		
Total	50.066	8			



Lampiran 40. Hasil Analisis *TSR* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.917	2	6	.227

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.524	2	3.762	34.742	.001
Within Groups	.650	6	.108		
Total	8.174	8			



Lampiran 41. Hasil Analisis *TSR* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.388	2	6	.033

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.852	2	.426	.588	.585
Within Groups	4.350	6	.725		
Total	5.202	8			



Lampiran 42. Hasil Analisis *IRS* Campuran *Superpave* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.226	2	6	.804

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14457.866	2	7228.933	25.624	.001
Within Groups	1692.664	6	282.111		
Total	16150.529	8			



Lampiran 43. Hasil Analisis *IRS* Campuran Aspal Porus dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.025	2	6	.078

ANOVA

Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1153.100	2	576.550	3.364	.105
Within Groups	1028.248	6	171.375		
Total	2181.348	8			

