

TUGAS AKHIR

**PENGARUH MINYAK GORENG BEKAS SEBAGAI
BAHAN PEREMAJA *RECLAIMED ASPHALT
PAVEMENT (RAP)* TERHADAP CAMPURAN ASPAL
BERGRADASI *SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11*
*(THE EFFECT OF WASTE COOKING OIL AS
RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP)
REJUVENATOR ON MIXED SPLIT MASTIC ASPHALT
(SMA) 0/11 GRADATION)***

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



MUHAMMAD ALFATHLI

14 511 108

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

2019

TUGAS AKHIR

PENGARUH MINYAK GORENG BEKAS SEBAGAI BAHAN PEREMAJA RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) TERHADAP CAMPURAN BERGRADASI SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11

(THE EFFECT OF WASTE COOKING OIL AS RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) REJUVENATOR ON MIXED SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 GRADATION)

Disusun oleh

Muhammad Alfathli

14511108

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

Diuji pada tanggal : 1 Maret 2019

Oleh Dewan Penguji

Penguji I

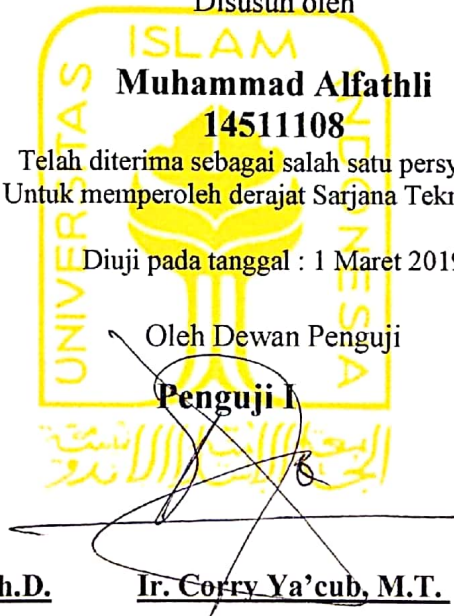
Pembimbing I

Penguji II



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

NIK : 955110103



Ir. Corry Ya'cub, M.T.

NIK : 815110102



Ir. Subarkah, M.T.

NIK : 865110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sri Amīni Yuni Astuti

NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 25 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Alfathli

(14511108)

LEMBAR PERSEMBAHAN

*" Karena itu, ingatlah kamu kepada-Ku
niscaya Aku ingat (pula) kepadamu, dan
bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu
mengingkari (nikmat)-Ku "*

(QS. Al-Baqarah: 152)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Pengaruh Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Peremaja Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Terhadap Campuran Aspal Bergradasi Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.

Selama proses 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 dan Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Pembimbing II dan Pembimbing III, selaku dosen penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Sukanto HM dan Bapak Pranoto, selaku laboran Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Wiwin, selaku laboran Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
6. Ibu Wiwik, selaku staff administrasi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Ibu, Bapak, dan Keluarga Besar Penulis yang selalu memberikan do'a dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman serta sahabat Penulis yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi Penulis dan pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 25 Januari 2019

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Alfathli', enclosed within a large, stylized oval flourish.

Muhammad Alfathli

(14511108)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Pengaruh Penggunaan <i>RAP</i> dengan <i>Rejuvenator</i>	5
2.1.1 Pengaruh Asbuton Terhadap <i>RAP</i> dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar	5
2.1.2 Penggunaan Minyak Goreng Bekas untuk Bahan <i>RAP</i>	5
2.1.3 Penggunaan Minyak Solar sebagai Peremaja Terhadap Beton Aspal	6
2.1.4 Penambahan Sulfur Terhadap Sifat Fisik Aspal Daur Ulang	6
2.2 Pengaruh <i>RAP</i> Terhadap Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> (<i>SMA</i>)	6
2.2.1 Pengembangan Campuran <i>SMA</i> dengan Bahan <i>RAP</i> dan Serat Dedak Padi	7
2.2.2 Pengaruh Bahan <i>RAP</i> dan Limbah Batubara Terhadap	

Campuran SMA	7
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	7
2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Perkerasan Jalan	13
3.1.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	13
3.2 <i>Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)</i>	15
3.3 Minyak Goreng Bekas	15
3.4 <i>Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11</i>	16
3.5 Material Penyusun Perkerasan Lentur	17
3.5.1 Agregat	17
3.5.2 Gradasi Agregat	19
3.5.3 Aspal	19
3.5.4 <i>Filler</i>	20
3.5.5 Aditif	20
3.5.6 Abu Sekam Padi	21
3.6 Kinerja Campuran Aspal	22
3.6.1 <i>Skid Resistance</i> (Kekesatan)	22
3.6.2 Fleksibilitas (Kelenturan)	22
3.6.3 Kemudahan dalam Pelaksanaan (<i>Workability</i>)	23
3.6.4 Ketahanan Kelelahan (<i>Fatigue Resistance</i>)	23
3.6.5 Stabilitas	28
3.6.6 Kedap Air (<i>Impremeability</i>)	28
3.6.7 Keawetan (<i>Durability</i>)	29
3.6.8 Karakteristik Kuat Tarik Tak Langsung	30
3.6.9 Karakteristik <i>Cantabro</i>	31
3.6.10 <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	31
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Metode Penelitian	33
4.2 Metode Pengambilan Sampel	33
4.3 Metode Pengambilan Data	33

4.4 Tahapan Penelitian	34
4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material	34
4.4.2 Persiapan Alat	36
4.4.3 Perencanaan Campuran	37
4.4.4 Perendaman Air Suling	39
4.4.5 Pengujian <i>Marshall</i>	39
4.4.6 Pengujian Permeabilitas	40
4.4.7 Pengujian Perendaman (<i>Immersion Test</i>)	40
4.4.8 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	40
4.4.9 Pengujian <i>Cantabro</i>	41
4.5 Analisis Data	41
4.6 Bagan Alir Metode Penelitian	43
4.7 <i>Time Schedule</i>	45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	46
5.1 Karakteristik Material	46
5.1.1 Hasil Pengujian Material <i>RAP</i>	46
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	47
5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus	49
5.2 Hasil Pengujian Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11</i>	50
5.2.1 Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)	50
5.2.2 Kebutuhan Agregat Untuk Campuran <i>SMA 0/11</i>	55
5.3 Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i>	57
5.3.1 Hasil Pengujian	57
5.3.2 Pembahasan	58
5.4 Pengujian Karakteristik <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	69
5.4.1 Hasil Pengujian	69
5.4.2 Pembahasan	70
5.5 Pengujian Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	74
5.5.1 Hasil Pengujian	74
5.5.2 Pembahasan	75
5.6 Pengujian Karakteristik <i>Cantabro</i>	76

5.6.1 Hasil Pengujian	76
5.6.2 Pembahasan	77
5.7 Pengujian Karakteristik Permeabilitas	78
5.7.1 Hasil Pengujian	78
5.7.2 Pembahasan	80
5.8 Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Campuran SMA 0/11	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1 Kesimpulan	85
6.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis	8
Tabel 3.1 Senyawa Kimia Pada Minyak Goreng Bekas	16
Tabel 3.2 Persyaratan Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11</i>	17
Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar	18
Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus	19
Tabel 3.5 Gradasi Agregat <i>Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11</i>	19
Tabel 3.6 Ketentuan-Ketentuan Aspal Padat	20
Tabel 3.7 Karakteristik <i>Roadcel-50</i>	21
Tabel 3.8 komposisi Kimia Pada Abu Sekam Padi	22
Tabel 3.9 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Permeabilitas	29
Tabel 4.1 Pengujian Aspal Pen. 60/70	35
Tabel 4.2 Syarat Gradasi <i>Filler</i>	35
Tabel 4.3 Rencana Gradasi Agregat <i>Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11</i>	37
Tabel 4.4 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)	38
Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian	38
Tabel 5.1 Kadar Aspal Pada Material <i>RAP</i>	46
Tabel 5.2 Rekapitulasi Karakteristik Material <i>RAP</i>	47
Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus	49
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Kadar Peremaja 0 %	51
Tabel 5.6 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Kadar Peremaja 2 %	52
Tabel 5.7 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Kadar Peremaja 4 %	52
Tabel 5.8 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Kadar Peremaja 6 %	53
Tabel 5.9 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Kadar Peremaja 8 %	54
Tabel 5.10 Kebutuhan Agregat Pada KAO 6,240 %	55
Tabel 5.11 Kebutuhan Agregat Pada KAO 6,225 %	56
Tabel 5.12 Kebutuhan Agregat Pada KAO 6,215 %	56
Tabel 5.13 Kebutuhan Agregat Pada KAO 6,090 %	56

Tabel 5.14 Kebutuhan Agregat Pada KAO 6,065 %	57
Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i>	57
Tabel 5.16 Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	70
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Stabilitas Sisa (<i>IRS</i>)	72
Tabel 5.18 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	74
Tabel 5.19 Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	77
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas	79
Tabel 5.21 Rangkuman Hasil Pengujian Campuran <i>SMA 0/11</i>	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Jalan	13
Gambar 3.2 Penyebaran Roda Kendaraan Melalui Perkerasan Jalan	14
Gambar 3.3 Ilustrasi <i>VIM</i> dan <i>VMA</i>	26
Gambar 3.4 Ilustrasi <i>VFWA</i>	27
Gambar 4.1 Bagan Alir Metode Penelitian	43
Gambar 5.1 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 0 %	51
Gambar 5.2 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 2 %	52
Gambar 5.3 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 4 %	53
Gambar 5.4 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 6 %	54
Gambar 5.5 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 8 %	55
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>VITM</i>	58
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>VFWA</i>	60
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>VMA</i>	61
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas	62
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Solar vs Stabilitas	63
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>Flow</i>	64
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs <i>Flow</i>	65
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>MQ</i>	66
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs <i>MQ</i>	67
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>Density</i>	68
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs <i>Density</i>	69
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas	71
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>IRS</i>	72
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs <i>IRS</i>	73
Gambar 5.20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>ITS</i>	75
Gambar 5.21 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs <i>ITS</i>	76

Gambar 5.22 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai <i>Cantabro</i>	78
Gambar 5.23 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Permeabilitas	80
Gambar 5.24 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli vs Permeabilitas	81
Gambar 5.25 Grafik Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Optimum	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal	90
Lampiran 2. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	91
Lampiran 3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	92
Lampiran 4. Pemeriksaan Daktilitas	93
Lampiran 5. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	94
Lampiran 6. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4	95
Lampiran 7. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	96
Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	97
Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	98
Lampiran 10. Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	99
Lampiran 11. Pemeriksaan Keausan Agregat	100
Lampiran 12. Pemeriksaan Berat Jenis Debu Batu	101
Lampiran 13. Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pada Material <i>RAP</i>	102
Lampiran 14. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pada Material <i>RAP</i>	103
Lampiran 15. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari KAO (Rej. 0%)	104
Lampiran 16. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari KAO (Rej. 2%)	106
Lampiran 17. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari KAO (Rej. 4%)	108
Lampiran 18. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari KAO (Rej. 6%)	110
Lampiran 19. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dalam mencari KAO (Rej. 8%)	112
Lampiran 20. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dengan KAO	114
Lampiran 21. Hasil Pengujian <i>IRS</i>	116
Lampiran 22. Hasil Pengujian <i>ITS</i>	118
Lampiran 23. Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	120
Lampiran 24. Hasil Pengujian Permeabilitas	122
Lampiran 25. Tabel Konstanta A_0	124
Lampiran 26. Hasil Analisis Stabilitas <i>Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	125
Lampiran 27. Hasil Analisis <i>Flow Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	126

Lampiran 28. Hasil Analisis <i>MQ Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	127
Lampiran 29. Hasil Analisis <i>VITM Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	128
Lampiran 30. Hasil Analisis <i>VFWA Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	129
Lampiran 31. Hasil Analisis <i>VMA Marshall</i> dengan <i>Anova</i>	130
Lampiran 32. Hasil Analisis <i>IRS</i> dengan <i>Anova</i>	131
Lampiran 33. Hasil Analisis <i>ITS</i> dengan <i>Anova</i>	132
Lampiran 34. Hasil Analisis <i>Cantabro</i> dengan <i>Anova</i>	133
Lampiran 35. Hasil Analisis Permeabilitas dengan <i>Anova</i>	134
Lampiran 36. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	135
Lampiran 37. Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal	136
Lampiran 38. Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal	137
Lampiran 39. Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar	138
Lampiran 40. Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam <i>TCE</i>	139
Lampiran 41. Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	140
Lampiran 42. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	141
Lampiran 43. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	142
Lampiran 44. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i>	143
Lampiran 45. Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	144
Lampiran 46. Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat	145
Lampiran 47. Gambar Alat Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	146
Lampiran 48. Gambar Alat Pembuatan Benda Uji	147
Lampiran 49. Gambar Alat pengujian <i>Marshall & IRS</i>	148
Lampiran 50. Gambar Alat Pengujian <i>ITS</i>	149
Lampiran 51. Gambar Alat Pengujian <i>Cantabro</i>	150
Lampiran 52. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas	151
Lampiran 53. Gambar Bahan Untuk Pembuatan Benda Uji dan Benda Uji	152

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>SMA</i>	: <i>Split Mastic Asphalt</i>
<i>WCO</i>	: <i>Waste Cooking Oil</i>
<i>KAO</i>	: Kadar Aspal Optimum
<i>MQ</i>	: <i>Marshall Quotient</i>
<i>IRS</i>	: <i>Index of Retained Strength</i>
<i>ITS</i>	: <i>Indirect Tensile Strength</i>
<i>VIM</i>	: <i>Void in Mix</i>
<i>VMA</i>	: <i>Void in Mineral Aggregate</i>
<i>VFWA</i>	: <i>Void Filled with Asphalt</i>
G_{mb}	: Berat jenis <i>bulk</i> dari beton aspal padat
B_k	: Berat kering beton aspal padat
B_{ssd}	: Berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan
B_a	: Berat beton aspal padat didalam air
G_{mm}	: Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan
P_a	: Kadar Aspal terhadap berat beton aspal padat
P_s	: Kadar agregat terhadap berat beton aspal padat
G_a	: Berat jenis aspal
G_{se}	: Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat
G_{sb}	: Berat jenis <i>bulk</i> dari agregat pembentuk beton aspal padat
G_{ca}	: Berat jenis <i>bulk</i> agregat kasar
γ_w	: Berat jenis air
γ_s	: Berat volume agregat kasar pada kondisi <i>dry-rodded</i>
P_{ca}	: Persen agregat kasar
q	: Nilai stabilitas
r	: Nilai kelelahan plastis

Msi : Stabilitas *Marshall* perendaman 24 jam
Mss : Stabilitas *Marshall* perendaman ½ jam
h : Tinggi sampel

ABSTRAK

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah campuran aspal yang biasa digunakan untuk bahan urugan bahkan menjadi limbah. Material *RAP* yang sudah tidak terpakai dimanfaatkan kembali untuk penambahan material perkerasan baru agar meminimalisir penggunaan aspal dan agregat baru dengan bahan peremaja minyak goreng bekas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh minyak goreng bekas sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran aspal bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* terhadap karakteristik *Marshall, IRS, ITS, cantabro*, dan permeabilitas.

Penelitian ini dimulai dari pemeriksaan karakteristik material *RAP* untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung di dalam material *RAP*, selanjutnya menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) tiap variasi kadar peremaja 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Pemeriksaan selanjutnya adalah karakteristik *Marshall, IRS, ITS, Cantabro*, dan permeabilitas. Pedoman yang digunakan sebagai standar adalah Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 dan Bina Marga Tahun 1987.

Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan pada nilai stabilitas campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *SMA 0/11* seiring bertambahnya kadar peremaja minyak goreng bekas hingga kadar 8% sebesar 1041,97 Kg. Nilai *flow* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar peremaja dari kadar 0% hingga 8%. Nilai *MQ* juga mengalami penurunan sama seperti nilai stabilitas. Nilai *IRS* dengan kadar peremaja 4% dan 6% memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 untuk nilai $IRS \geq 90\%$ yaitu 92,77% dan 94,98% , sedangkan pada kadar peremaja 0%, 2% dan 8% tidak memenuhi persyaratan yaitu 73,50%, 89,97%, dan 89,55%. Nilai *ITS* mengalami peningkatan dari kadar 0% hingga 4% yaitu dengan nilai 33,60Kg/cm² kemudian menurun hingga kadar 8% dengan nilai 24,91%. Nilai *Cantabro* mengalami penurunan dari kadar 0% hingga 4% sebesar 5,19% kemudian meningkat hingga kadar peremaja 8% sebesar 9,20% dan penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas terhadap nilai *ITS* memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\leq 20\%$. Nilai Permeabilitas pada kadar peremaja 0% hingga 2% mengalami penurunan dengan nilai $5,2 \times 10^{-4}$ cm/detik dan meningkat sampai kadar peremaja 4% dengan nilai $9,5 \times 10^{-4}$ cm/detik. Hasil pengujian menyeluruh mengenai pengaruh minyak goreng bekas sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran aspal bergradasi *SMA 0/11* direkomendasikan menggunakan kadar peremaja sebesar 3% saja untuk menghasilkan campuran yang masih stabil dan tidak getas saat menerima beban.

Kata Kunci: *Reclaimed Asphalt Pavement*, Minyak Goreng Bekas, *Split Mastic Asphalt*

ABSTRACT

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is an asphalt mixture commonly used for waste materials and even becomes waste. Unused RAP materials are reused for the addition of new pavement material to minimize the use of new asphalt and aggregate with used cooking oil rejuvenating materials. The purpose of this study was to determine the effect of used cooking oil as a rejuvenating ingredient of RAP on mixed Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 gradation on the characteristics of Marshall, IRS, ITS, cantabro, and permeability.

This research starts from examining RAP material characteristics to determine the asphalt content contained in RAP material, then determine the value of KAO of each variance of WCO by 0%, 2%, 4%, 6%, and 8%. The next examination is the characteristics of Marshall, IRS, ITS, Cantabro, and permeability. The reference used as a standard is the Specifications of Bina Marga (2010) and Bina Marga (1987).

The results showed a decrease in the stability value of the new RAP-asphalt mixture graded 0/11 SMA as the amount of used cooking oil rejuvenated increased up to 8% content of 1041.97 Kg. Flow values increase with increasing levels of youth from 0% to 8%. The MQ value also decreases as well as the value of stability. IRS values with a rejuvenation rate of 4% and 6% meet the requirements of Bina Marga 2010 specifications for IRS values $\geq 90\%$ at 92.77% and 94.98%, while at rejuvenation levels 0%, 2% and 8% do not meet the requirements of 73 , 50%, 89,97%, and 89,55%. ITS values have increased from levels of 0% to 4%, with a value of 33.60Kg / cm² and then decreased to a level of 8% with a value of 24.91%. Cantabro value decreased from 0% to 4% by 5.19% and then increased to 8% rejuvenation rate of 9.20% and the addition of variations in rejuvenation levels of used cooking oil to ITS values fulfilled the specification of Bina Marga (2010) requirements of $\leq 20\%$. Permeability values at 0% to 2% rejuvenation levels decreased with a value of 5.2×10^{-4} cm / sec and increased to a rejuvenation level of 4% with a value of 9.5×10^{-4} cm / second. The results of a thorough test of the effect of used cooking oil as a rejuvenating ingredient of RAP on SMA 0/11 mixture are recommended to use a flux level of only 3% to produce a mixture that is still stable and not brittle when receiving a load.

Keywords: *Reclaimed Asphalt Pavement, Waste Cooking Oil, Split Mastic Asphalt*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan adalah salah satu hal yang sangat penting untuk menunjang prasarana transportasi jalan yang memiliki daya tahan lama, murah, dan ramah lingkungan. Banyak inovasi metode perkerasan jalan yang mampu menghasilkan kualitas sesuai standar namun menggunakan material perkerasan jalan yang sudah rusak/limbah aspal lama, salah satunya adalah metode daur ulang yang sering disebut *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*.

RAP adalah campuran aspal yang biasanya digunakan untuk bahan urugan bahkan menjadi limbah. Material *RAP* mulai dimanfaatkan dengan cara diolah kembali dengan diberi bahan peremaja untuk mengembalikan sifat aspal tersebut dan menjadi bahan perkerasan baru. Awalnya bahan *RAP* hanya diolah secara panas (*hot mix*), namun dengan berkembangnya teknologi, pengolahan bahan *RAP* dapat dilakukan secara dingin (*cold mix*) (Sunarjo, 2009).

Bahan *RAP* yang sudah tidak terpakai dimanfaatkan kembali untuk penambahan material perkerasan baru agar meminimalisir penggunaan aspal dan agregat. Pengembalian sifat aspal seperti semua pada bahan *RAP* digunakan bahan peremaja yaitu minyak goreng bekas pakai. Minyak goreng bekas pakai banyak ditemukan pada tempat-tempat makan atau restoran yang dibuang, kemudian diambil dan diolah kembali oleh oknum-oknum untuk dijadikan minyak goreng pakai yang tidak baik untuk dikonsumsi lagi.

Pemanfaatan minyak goreng bekas pakai /*waste cooking oil (WCO)* secara berangsur dapat digunakan kembali untuk produk kerajinan tangan dan lebih bermanfaat untuk kebutuhan material konstruksi, salah satunya konstruksi jalan. Minyak goreng bekas pakai mudah didapatkan pada tempat makan atau restoran dengan jumlah ketersediaan yang cukup banyak dan harganya yang relatif murah. Sifat kimia yang terdapat pada minyak goreng bekas pakai adalah hidrolisa yang diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol, proses oksidasi berlangsung jika

terdapat kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak, dan proses hidrogenasi bertujuan untuk menyatukan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak. Minyak goreng bekas pakai mempunyai senyawa yang serupa dengan sifat aspal yaitu resin, maka minyak goreng bekas pakai akan digunakan sebagai peremaja terhadap bahan *RAP* untuk mengembalikan sifat *RAP* mendekati seperti aspal baru, kemudian ditambahkan ke dalam campuran aspal dan agregat.

Prasarana transportasi yang berkualitas tinggi dan dapat memikul beban kendaraan berat maka diperlukan jenis aspal yang mempunyai daya tahan tinggi dibanding jenis aspal lainnya. Jenis aspal yang dianggap mempunyai daya tahan tinggi adalah jenis *Split Mastic Asphalt (SMA)*. *SMA* merupakan jenis beton aspal panas yang mengandung agregat sebanyak 70% dengan gradasi terbuka. Campuran ini menghasilkan mutu campuran agregat yang tahan terhadap oksidasi, lendutan, retak, dan gelombang dari beban kendaraan berat serta keausan akibat roda kendaraan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka dibentuk rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh *WCO* sebagai peremaja untuk bahan *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap karakteristik *Marshall*?
2. Bagaimana pengaruh *WCO* sebagai peremaja untuk bahan *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap permeabilitas?
3. Bagaimana pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja terhadap nilai *Index of Retained Strength (IRS)* pada campuran aspal daur ulang bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)*?
4. Bagaimana pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada campuran aspal daur ulang bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)*?
5. Bagaimana pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap uji *Cantabro Loss*?

6. Berapakah kadar peremaja yang disarankan untuk penambahan minyak goreng bekas pakai terhadap material *RAP* pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh *WCO* sebagai peremaja untuk bahan *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan pengaruh *WCO* sebagai peremaja untuk bahan *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap permeabilitas.
3. Mengetahui pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja terhadap nilai *Index of Retained Strength (IRS)* pada campuran aspal daur ulang bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
4. Mengetahui pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja terhadap karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada campuran aspal daur ulang bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
5. Mengetahui pengaruh *WCO* sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap uji *Cantabro Loss*.
6. Mengetahui penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai terhadap material *RAP* pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan minyak goreng bekas pakai pada bahan *RAP* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Manfaat penelitian ini secara teoritis adalah mengetahui penggunaan bahan *RAP* dengan minyak goreng bekas pakai sebagai peremaja yang dapat digunakan kembali untuk campuran beton aspal baru guna meminimalisir penggunaan material agregat dan aspal, mengurangi jumlah

limbah *RAP* maupun minyak goreng bekas pakai, serta dapat membantu penyelesaian yang terjadi di konstruksi jalan.

Manfaat lain dari penelitian ini secara praktis adalah dapat diterapkan dilapangan metode aspal daur ulang dengan minyak goreng bekas pakai sebagai peremaja yang nantinya perkerasan dengan daya tahan tinggi dapat memikul beban kendaraan yang berat.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Campuran aspal yang digunakan untuk penelitian ini adalah jenis *Split Mastic Asphalt (SMA) grade 0/11*.
2. Bahan ikat aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70.
3. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Serat selulosa yang digunakan adalah dedak padi yang diperoleh dari penjual pakan burung di Jalan Kaliurang KM 12, Sleman, DI Yogyakarta.
5. Bahan *RAP* diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant (AMP)* Piyungan-Wonosari, D.I Yogyakarta.
6. Minyak goreng bekas pakai yang digunakan berasal dari Restoran cepat saji yang sudah dijernihkan.
7. Persentase penggunaan *RAP* sebesar 30% dari total campuran.
8. Persentase penggunaan minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja adalah 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8%.
9. Pengujian karakteristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, dan *Cantabro* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII Yogyakarta.
10. Pengujian Permeabilitas dilakukan di Laboratorium Transportasi FT UGM Yogyakarta.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Pengaruh Penggunaan RAP dengan *Rejuvenator*

Menurut Shen dkk (2007) *Rejuvenator* merupakan zat yang umumnya digunakan untuk bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*. *RAP* dirancang menggunakan bahan peremajaan, termasuk *rejuvenator* dan pengikat yang lebih lembut, dan kemudian dievaluasi dalam hasil uji *Indirect Tensile Strength (ITS)*.

Pelaksanaan metode aspal daur ulang dengan bahan peremaja yang berbeda akan mendapatkan perubahan pada karakteristik aspal yang berbeda juga, dimana tujuan utama dari metode daur ulang ini adalah untuk mengembalikan karakteristik pada aspal lama mendekati sifat aspal yang baru sehingga dapat digunakan kembali untuk kebutuhan konstruksi jalan dan meminimalisir penggunaan aspal dan agregat. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian sekarang.

2.1.1 Pengaruh Asbuton Terhadap *RAP* dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar

Penelitian ini dilakukan oleh Pratiwi dkk (2014) dari Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, dimana penelitian yang dilakukan adalah mengetahui pengaruh asbuton terhadap karakteristik *Marshall Test* metode daur ulang dengan peremaja oli bekas dan solar. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Pratiwi dkk adalah mendapatkan nilai stabilitas 236,168 Kg dengan kadar asbuton optimum sebesar 12%, kadar bahan peremaja 2,9% pada proporsi 75:25. Nilai stabilitas dibandingkan dengan nilai stabilitas hasil *Core Drill Test*, dimana menunjukkan penurunan drastis hingga 81,93% yang didapat dari nilai stabilitas proporsi 75:25 sebesar 169,505 Kg, untuk nilai stabilitas dari hasil uji *Core Drill* adalah 938 Kg.

2.1.2 Penggunaan Minyak Goreng Bekas Pakai untuk Bahan *RAP*

Penelitian penggunaan minyak goreng sebagai peremaja untuk bahan *RAP* dilakukan oleh Nono dari Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Penelitian yang dilakukan Nono adalah penambahan bahan petrokimia, minyak goreng, dan

bitumen aspal sebagai peremaja untuk dibandingkan pengaruh dari masing-masing bahan peremaja terhadap campuran aspal. Hasil pengujian yang didapatkan adalah sifat campuran aspal panas dengan pemanfaatan bahan *RAP* dan *RejIRE* sebagai peremajanya. (Nono, 2016).

2.1.3 Penggunaan Minyak Solar sebagai Peremaja Terhadap Beton Aspal

Penelitian ini dilakukan oleh Kasan (2009), dimana penelitian ini meninjau karakteristik stabilitas dari campuran beton aspal daur ulang dengan minyak solar sebagai bahan peremaja. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kasan adalah semakin banyak bahan peremaja yang digunakan dalam campuran aspal daur ulang menyebabkan penurunan pada nilai kepadatan dan nilai stabilitas yang mungkin disebabkan oleh hilangnya daya lekat aspal terhadap agregat. Kadar maksimum bahan peremaja yang memenuhi spesifikasi nilai stabilitas adalah 35,29%.

2.1.4 Penambahan Sulfur Terhadap Sifat Fisik Aspal Daur Ulang

Penelitian ini dilakukan oleh Sari dkk (2017), yang meninjau pengaruh penambahan sulfur sebagai bahan peremaja terhadap sifat fisik aspal daur ulang. Sulfur adalah mineral yang berasal dari proses vulkanisme dan dikenal dengan nama beleran, yaitu kumpulan kristal berwarna kuning padat yang memiliki berat jenis relatif sebesar 2,07 pada suhu 20°C. Pada pemanasan hingga 159°C melebihi tingkat polimerisasi sulfur, dan akan meningkatkan nilai viskositasnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk adalah penambahan peremaja sulfur dapat meningkatkan nilai penetrasi hingga 67,7 (0,1 mm), daktilitas sebesar 121 cm, dan nilai berat jenisnya hingga 1,082. Penambahan sulfur sebagai bahan peremaja untuk aspal daur ulang dapat meningkatkan sifat fisik aspal berupa sifat adhesi dan kohesi.

2.2 Pengaruh *RAP* Terhadap Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Penambahan bahan *RAP* dan peremaja untuk campuran beton aspal sudah banyak dilakukan dengan jenis campuran yang berbeda-beda, salah satu campuran aspal yang digunakan adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Berikut adalah beberapa penelitian yang menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.

2.2.1 Pengembangan Campuran SMA dengan Bahan RAP dan Serat Dedak Padi

Penelitian ini dilakukan oleh Sulistia (2017), dimana Sulistia meninjau pengembangan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* menggunakan bahan *RAP* dengan *filler* yaitu serat selulosa alami dedak padi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sulistia adalah semakin besar kadar *RAP* dan dedak padi maka nilai *Marshall Quotient (MQ)* akan menurun, tetapi nilai *flow* meningkat sehingga campuran tersebut akan mengalami deformasi yang cukup tinggi bila menerima beban kendaraan yang berat.

2.2.2 Pengaruh Bahan RAP dan Limbah Batu Bara Terhadap Campuran SMA

Penelitian ini dilakukan oleh Mustofa (2016), dimana Mustofa meninjau pengembangan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan menggunakan bahan *RAP* dan *filler* limbah batu bara. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mustofa adalah penambahan *filler* batu bara akan meningkatkan nilai stabilitas, *VMA*, *VIM*, dan *Marshall Quotient (MQ)*, sedangkan nilai *VFWA*, *flow*, dan *density* menurun. Analisis proporsi bahan *RAP* optimum yang memenuhi spesifikasi adalah sebesar 67% dari berat agregat kasar dengan kadar *filler* batu bara 100% dari berat total campuran.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, maka dibandingkan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang dapat dilihat Tabel 2.1 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

No	Aspek	Peneliti					
		Pratiwi dkk. (2014)	Kasan (2009)	Sari dkk. (2017)	Sulistia (2017)	Mustofa (2016)	Penulis (2018)
1.	Judul Penelitian	Pengaruh Asbuton Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Perkerasan Daur Ulang dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar	Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang	Analisa Pengaruh Penambahan Bahan Peremaja Sulfur Terhadap Sifat Fisik Aspal Daur Ulang	Pengembangan Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> Menggunakan Bahan <i>Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)</i> dengan Serat Selulosa Alami Dedak Padi	Pengembangan Campuran Bergradasi <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> Menggunakan Bahan <i>Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)</i> dan Limbah Arang Batubara	Pengaruh <i>WCO</i> Sebagai Bahan Peremaja <i>RAP</i> Terhadap Karakteristik Campuran <i>RAP</i> -Aspal Baru Bergradasi <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>

Sumber: Pratiwi dkk (2014), Nono (2016), Kasan (2009), Sari dkk (2017), Sulistia (2017), Mustofa (2016)

Tabel 2.1 lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

No.	Aspek	Peneliti					
		Pratiwi dkk. (2014)	Kasan (2009)	Sari dkk. (2017)	Sulistia (2017)	Mustofa (2016)	Penulis (2018)
2.	Tujuan Penelitian	Mengetahui pengaruh asbuton pada bahan <i>RAP</i> dengan oli bekas dan solar sebagai peremaja terhadap karakteristik <i>Masrshall</i>	Mengetahui karakteristik stabilitas campuran dari beton aspal daur ulang dengan peremaja minyak solar	Mengetahui pengaruh sulfur sebagai bahan peremaja terhadap sifat fisik aspal daur ulang	Mengetahui kinerja campuran <i>SMA</i> menggunakan bahan <i>RAP</i> dengan <i>filler</i> dedak padi	Mengetahui kinerja campuran <i>SMA</i> menggunakan bahan <i>RAP</i> dengan <i>filler</i> limbah arang batubara	Mengetahui pengaruh penambahan bahan <i>RAP</i> dan minyak goreng bekas terhadap campuran <i>SMA</i>
3.	Jenis Campuran	Asbuton butir tipe 5/20	Laston	Laston	<i>Split Mastic Asphalt</i>	<i>Split Mastic Asphalt</i>	<i>Split Mastic Asphalt</i>

Sumber: Pratiwi dkk (2014), Nono (2016), Kasan (2009), Sari dkk (2017), Sulistia (2017), Mustofa (2016)

Tabel 2.1 lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

No.	Aspek	Peneliti					
		Pratiwi dkk. (2014)	Kasan (2009)	Sari dkk. (2017)	Sulistia (2017)	Mustofa (2016)	Penulis (2018)
4.	Metode Penelitian	Penentuan jumlah sampel, variabel, dan uji <i>Marshall Quotient (MQ)</i> , dan <i>Core Drill Test</i>	Pengujian <i>Marshall</i> dan volumetrik	Pengujian Penetrasi, titik nyala, titik bakar, daktalitas, titik lembek, berat jenis, dan viskositas	Pengujian Penetrasi, berat jenis, daktalitas, titik lembek, titik nyala, dan titik bakar	Pengujian Penetrasi, berat jenis, daktalitas, titik lembek, titik nyala, dan stabilitas	Pengujian Penetrasi, titik lembek, <i>Marshall</i> , permeabilitas, <i>IRS</i> , dan <i>Cantabro</i>
5.	Hasil Penelitian	Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Pratiwi dkk adalah mendapatkan nilai stabilitas 236,168 Kg dengan kadar asbuton optimum sebesar 12%,	Semakin banyak bahan peremaja yang digunakan dalam campuran aspal daur ulang,	Penambahan peremaja sulfur dapat meningkatkan nilai penetrasi hingga 67,7 (0,1 mm),	Semakin besar kadar <i>RAP</i> dan dedak padi maka nilai <i>Marshall Quotient (MQ)</i> akan menurun,	Penambahan <i>filler</i> batu bara akan meningkatkan nilai stabilitas, <i>VMA</i> , <i>VIM</i> , dan <i>Marshall Quotient (MQ)</i> ,	

Sumber: Pratiwi dkk (2014), Nono (2016), Kasan (2009), Sari dkk (2017), Sulistia (2017), Mustofa (2016)

Tabel 2.1 lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

No.	Aspek	Peneliti					
		Pratiwi dkk. (2014)	Kasan (2009)	Sari dkk. (2017)	Sulistia (2017)	Mustofa (2016)	Penulis (2018)
5.	Hasil Penelitian	Kadar bahan peremaja 2,9% pada proporsi 75:25. Nilai stabilitas dibandingkan dengan nilai stabilitas hasil <i>Core Drill Test</i> , dimana menunjukkan penurunan drastis hingga 81,93%, sedangkan untuk nilai stabilitas dari hasil uji <i>Core Drill</i> adalah 938 Kg.	menyebabkan penurunan pada nilai kepadatan dan nilai stabilitas yang mungkin disebabkan oleh hilangnya daya lekat aspal terhadap agregat	daktalitas sebesar 121 cm, dan nilai berat jenisnya hingga 1,082. Penambahan sulfur sebagai bahan peremaja untuk aspal daur ulang dapat meningkatkan sifat fisik aspal berupa sifat adhesi dan kohesi.	tetapi nilai <i>flow</i> meningkat sehingga campuran tersebut akan mengalami deformasi yang cukup tinggi bila menerima beban kendaraan yang berat.	Proporsi bahan <i>RAP</i> optimum yang memenuhi spesifikasi adalah sebesar 67% dari berat agregat kasar, kadar <i>filler</i> batu bara 100% dari berat total campuran.	

Sumber: Pratiwi dkk (2014), Nono (2016), Kasan (2009), Sari dkk (2017), Sulistia (2017), Mustofa (2016)

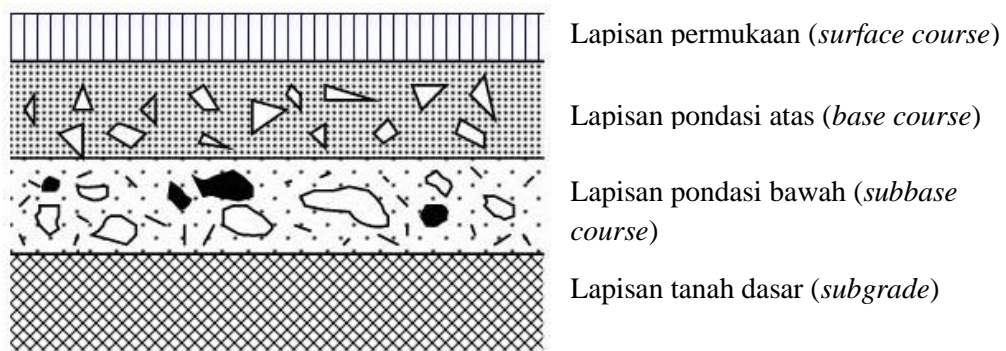
2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini dengan penelitian sebelumnya adalah pemanfaatan bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang berasal dari bongkahan perkerasan lama di *Asphalt Mixing Plant (AMP)* Piyungan-Wonosari, DI. Yogyakarta. Penggunaan bahan peremaja minyak goreng bekas pakai dengan persentase 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Parameter yang ditinjau pada penelitian ini adalah karakteristik *Marshall*, permeabilitas, *IRS*, *ITS*, dan nilai uji *Cantabro* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

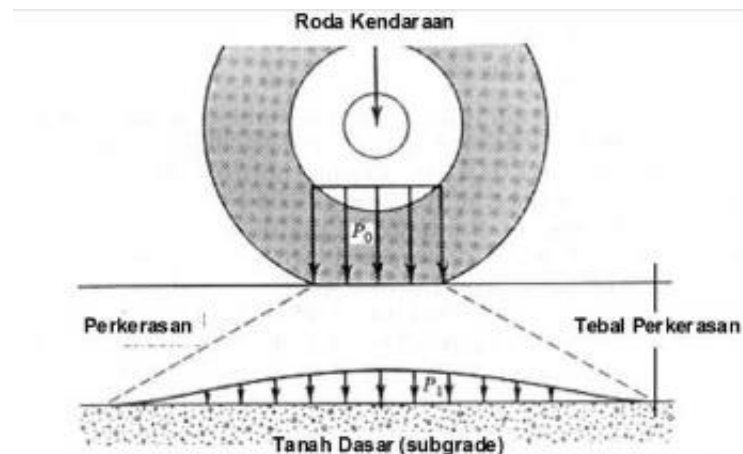
Perkerasan jalan merupakan suatu komponen terpenting dalam memenuhi sarana dan prasarana lalu lintas. Jenis perkerasan yang digunakan pada umumnya terdiri atas tiga jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Struktur lapisan pada perkerasan jalan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lapisan Perkerasan Jalan

3.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan material aspal sebagai pengikat untuk lapisan perkerasan. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan berada di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya. Penyebaran beban roda kendaraan melalui lapis perkerasan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dihalaman selanjutnya.



Sumber: Sukirman (1993)

Gambar 3.2 Penyebaran Roda Kendaraan Melalui Perkerasan Jalan

Lapisan yang terdapat pada suatu perkerasan jalan terbagi menjadi tiga lapisan, yaitu *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*, dan *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*. Lapisan-lapisan tersebut memiliki ketebalan minimum masing-masing 4 cm, 5 cm, dan 6 cm. Penjelasan mengenai lapisan pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

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

AC-WC merupakan lapisan permukaan terletak paling atas yang berfungsi sebagai lapis aus. Lapisan ini bersifat struktural dan dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga meningkatkan masa layanan dari konstruksi perkerasan tersebut.

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

AC-BC merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan aus (*wearing course*) dan lapis pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak terkena pengaruh cuaca, tetapi harus mempunyai kekakuan dan ketebalan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban kendaraan yang diteruskan ke lapisan dibawahnya.

3. *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*

AC-Base merupakan lapis perkerasan yang terletak dibawah lapis antara (*binder course*). Perkerasan ini tidak terpengaruh dengan cuaca, tetapi

memiliki peran penting dalam menahan beban kendaraan yang disebarkan melalui roda kendaraan dengan nilai stabilitas yang tinggi.

3.2 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau umur rencananya sudah habis. *RAP* pada umumnya digunakan untuk bahan perkerasan baru, tetapi *RAP* memiliki kekurangan dari segi kualitasnya. Kualitas dari *RAP* dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki propertis dari *RAP* tersebut agar mendekati sifat aspal yang baru. Perbaikan propertis dari *RAP* ini dilakukan dengan menambahkan bahan peremaja, yaitu minyak goreng bekas pakai.

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, bahwa dengan penambahan bahan peremaja dan *filler* pada campuran dengan menggunakan *RAP* dapat meningkatkan kepadatan dan pengaruh air dapat berkurang karena terjadi ikatan antar partikel *filler* dengan bitumen. *RAP* dapat diperoleh dari proses ekstraksi sehingga dapat digunakan untuk campuran aspal baru.

3.3 Minyak Goreng Bekas Pakai

Minyak goreng bekas pakai adalah minyak yang mengalami dekomposisi asam lemak pada batas tertentu dapat mengakibatkan minyak menjadi tidak layak pakai lagi. Minyak goreng bekas pakai diperoleh dari proses memasak atau memanaskan makanan dengan menggunakan minyak dalam jumlah yang banyak dan digunakan berulang kali pada suhu yang tinggi. Ciri-ciri dari minyak goreng bekas pakai adalah berwarna coklat gelap, kental, dan berbau akibat dari reaksi-reaksi selama pemanasan minyak. Adapun kandungan senyawa kimia pada minyak goreng bekas pakai dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Senyawa Kimia pada Minyak Goreng Bekas Pakai

Jenis Asam Lemak	Nama	Rumus	Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$)
Asam Lemak Jenuh	Asam Butirat	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	-7,9
	Asam Kaporat	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$	-1,5 sampai -2,0
	Asam Palmitat	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	64
	Asam Stearat	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	69,4
Asam Lemak Tak Jenuh	Asam Oleat	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	14
	Asam Linoleat	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	-11
	Asam Linolenat	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	Cair pada suhu sangat rendah

Sumber: Poedjiadi (2009)

Pemanfaatan minyak goreng bekas pakai pada bahan *RAP* sangat berpengaruh untuk meremajakan sifat daripada *RAP* sehingga dapat digunakan kembali untuk pembuatan aspal baru.

3.4 *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Menurut Sukirman (2003) *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah aspal beton bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Campuran *SMA* mengandung bahan yang tahan terhadap deformasi, permukaan bahan tahan lama, dan cocok untuk perkerasan jalan dengan lalu lintas yang tinggi. *SMA* memiliki kandungan agregat kasar tinggi dengan *interlock* yang baik untuk membentuk kerangka batu yang tahan deformasi permanen dan air.

Kerangka batu diisi dengan *mastic asphalt* dan *filler* yang ditambahkan serat selulosa untuk meningkatkan stabilitas pada perkerasan jalan tersebut. Jenis *split mastic asphalt* yang digunakan adalah *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*. Menurut Chairussyah (2011) *split mastic asphalt (SMA) 0/11* merupakan campuran agregat panas bergradasi terbuka dengan bahan tambah serat selulosa.

Campuran ini akan menghasilkan mutu campuran agregat aspal yang tahan terhadap oksidasi, lendutan, retakan, dan gelombang yang disebabkan oleh beban lalu lintas dan keausan roda kendaraan. Adapun persyaratan campuran *Split*

Mastic Asphalt (SMA) 0/11 dapat dilihat pada Tabel 3.2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 3.2 Persyaratan Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

No	Jenis Pemeriksaan	<i>Split Mastic Asphalt</i>	
		Minimum	Maksimum
1	Stabilitas (Kg)	670	-
2	Flow (mm)	2	4
3	<i>Marshall Quotient</i> (kN/mm)	1,9	3,0
4	VITM (%)	3	5
5	Kadar aspal efektif (%)	6	-
6	Kadar penyusunan aspal (%)	-	1,5
7	Kadar aspal total (%)	6,5	-
8	Kandungan serat selulosa (%) (% total campuran dalam serat)	0,3	
9	Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 18 jam pada 60°C (% dari stabilitas asal) (Kg)	75	-

Sumber: Puslitbang (1999)

3.5 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Campuran aspal baru untuk perkerasan lentur jalan raya menggunakan material seperti agregat kasar, agregat halus, dan dapat ditambahkan *filler* sesuai dengan jenis campuran aspal yang digunakan. Adapun material penyusun perkerasan jalan yang digunakan adalah sebagai berikut.

3.5.1 Agregat

Agregat merupakan suatu material beton yang berupa sekumpulan batu pecah, pasir, dan kerikil baik berupa hasil alam maupun lainnya. Agregat digunakan dalam adukan beton dan campuran aspal. Pada perkerasan jalan campuran agregat yang digunakan adalah agregat halus dan agregat kasar berdasarkan ukurannya.

Komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu agregat, yang mengandung 90-95% dari agregat tersebut berdasarkan persentase berat atau 70-85% agregat berdasarkan persentase volume. Daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat

dengan material lain. (Sukirman, 1993). Berdasarkan besar pertikel-partikelnya, agregat dibagi kedalam tiga jenis yaitu:

1. agregat halus, yaitu agregat tertahan saringan No. 4 dengan diameter saringan 4,75 mm terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah,
2. agregat kasar, yaitu agregat tertahan saringan No. 4 dengan diameter saringan 4,75 mm, dan
3. bahan pengisi (*filler*), yaitu bahan pengisi yang lolos saringan No. 200 dengan diameter saringan 0,075 mm) dan tidak kurang dari 95% terhadap beratnya.

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ketentuan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> ¹⁾	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619:2012	95/90 ^{*)}
Partikel pipih pada agregat kasar			ASTM D4179 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI 09-4142-1996	Maks. 2%
Catatan: *)95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih				

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C11:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2010)

3.5.2 Gradasi Agregat

Gradasi pada suatu agregat merupakan hal yang penting untuk menentukan stabilitas perkerasan/gradasi agregat yang mempengaruhi besarnya rongga diantara butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Berikut adalah rancangan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	mm		Range	Ideal
1	19	3/4"	100	100
2	12,5	1/2"	90-100	95
3	9,5	3/8"	50-65	57
4	4,75	No. 4	30-45	37,5
5	2,36	No. 8	20-30	25
6	0,3	No. 50	10-22	16
7	0,075	No. 200	8-12	10

Sumber: Kimbangwil (1999)

3.5.3 Aspal

Aspal merupakan material pada temperatur ruang berbentuk padat hingga padat dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. (Sukirman, 2003).

Aspal keras/*cement* (AC) atau sering disebut aspal padat terdiri dari beberapa jenis aspal semen tergantung dari proses pembuatannya dan jenis asal dari minyak bumi. Aspal semen dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasi pada suhu 25°C atau berdasarkan nilai viskositas. Di Indonesia pada umumnya jenis aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dan 80/100. Berikut adalah ketentuan-ketentuan aspal padat yang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Ketentuan-Ketentuan Aspal Padat

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6461-2000	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1	-
10	Partikel yang lebih halus dari 150 Micron (µm) (%)	-	-

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2010)

3.5.4 Filler

Filler adalah suatu bahan berbutir halus yang lolos saringan No. 200 dengan diameter saringan 0,075 mm. Bahan *filler* dapat berupa kapur, debu batu, *portland cement*, dan lainnya. Penggunaan *filler* dalam campuran aspal beton akan mempengaruhi karakteristik dari campuran tersebut. (Totomiharjo, 1995).

3.5.5 Aditif

Aditif merupakan suatu bahan tambah yang diberikan kedalam campuran aspal panas dan agregat, berfungsi sebagai stabilisasi aspal. Bahan ini mencegah penguraian pada pencampuran, pengangkutan, penghamparan, dan pematatan. Campuran aspal bergradasi *Split Mastic Asphalt* biasanya menggunakan bahan

tambah berupa serat selulosa. Serat selulosa telah banyak digunakan diberbagai negara, khususnya di Indonesia menggunakan serat selulosa *Roadcel-50* yang diproduksi oleh PT. Olah Bumi Mandiri. Spesifikasi untuk serat selulosa *Roadcel-50* dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Karakteristik *Roadcel-50*

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji
1	Kandungan selulosa	90%
2	Struktur	Berserat panjang
3	Panjang serat (maksimum)	5000 Mikrometer
4	Panjang rata-rata serat	1400 Mikrometer
5	Diameter rata-rata serat	40 Mikrometer
6	Kepadatan kering	30 g/L
7	PH (1% Sol)	7±1
8	Sisa pembakaran (850 ⁰ C/4 jam)	5%

Sumber: PT. Olah Bumi Mandiri (1995)

3.6 Kinerja Campuran Beraspal

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis lapis perkerasan yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*). Jenis perkerasan jalan terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Kinerja campuran aspal beton dapat dilihat dari kelenturan, kekuatan, kelelahan, kemudahan pelaksanaan dan tahan terhadap air.

3.6.1 *Skid Resistance* (Kekesatan)

Tahan geser merupakan kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip diwaktu hujan, basah, ataupun kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Faktor geser tinggi jika penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.

3.6.2 Fleksibilitas (Kelenturan)

Kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban kendaraan berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan merupakan fleksibilitas pada perkerasan yang baik. Fleksibilitas kemampuan aspal beton menyesuaikan akibat penurunan dan pergerakan pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak, yaitu dengan cara berikut ini.

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh nilai *VMA* yang tinggi.
2. Penggunaan aspal lunak dengan penetrasi tinggi.
3. Penggunaan aspal yang cukup banyak agar diperoleh nilai *VIM* yang tinggi.

3.6.3 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan lentur yaitu campuran mudah untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Parameter yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan berupa gradasi agregat dan temperatur campuran. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi dapat menyebabkan pelaksanaan dalam konstruksi sulit dilakukan.

3.6.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan merupakan ketahanan dari lapisan aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadi retak. Kelelahan yang cepat diakibatkan oleh nilai *VIM* yang tinggi dan kadar aspal yang rendah, sedangkan nilai *VMA* yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan yang fleksibel. Menurut Sukirman (2003), volumetrik beton aspal dapat diketahui dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu volume *bulk* (V_{mb}), *VMA*, *VIM*, dan *VFWA*.

1. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

a. Berat jenis *bulk* total agregat

Berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (3.1)$$

dengan:

G_{sb} : Berat jenis *bulk* total agregat

P_1, P_2, P_n : Persen berat masing-masing agregat

G_1, G_2, G_n : Persen berta jenis masing-masing agregat

b. Berat jenis efektif total agregat

Berat jenis efektif agregat (G_{se}) termasuk semua rongga dalam partikel kecuali yang diserap oleh aspal dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.2)$$

dengan:

G_{se} : Berat jenis efektif total agregat

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran aspal (tanpa rongga)

P_{mm} : Persentase berat dari total campuran yang belum padat = 100

P_b : Kadar aspal, persen berat total dari campuran

G_b : Berat jenis aspal

c. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis campuran dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.3)$$

dengan:

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran aspal (tanpa rongga)

- P_{mm} : Persentase berat dari total campuran yang belum padat = 100
 P_b : Kadar aspal, persen berat total dari campuran
 P_s : Kadar agregat, persen berat total dari campuran
 G_{se} : Berat jenis efektif total agregat

2. Volumetrik Campuran

a. Kerapatan (*density*) campuran

Kerapatan campuran dapat dihitung dengan Persamaan 3.4.

$$G_{mb} = \frac{W_b + W_s}{V_{mb}} \times g_w \quad (3.4)$$

dengan:

- G_{mb} : Kerapatan campuran/berat jenis *bulk* campuran (gr/cc)
 W_b : Berat kering aspal (gram)
 W_s : Berat kering agregat (gram)
 V_{mb} : Volume padat benda uji (cc)
 g_w : Berat volume air (gr/cc)

b. Rongga didalam campuran atau *Voids in the Mix (VITM)*

VITM merupakan volume pori yang masih tersisa pada campuran aspal beton yang dipadatkan. *VITM* dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VITM* dapat dihitung dengan Persamaan 3.5.

$$VITM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.5)$$

dengan:

- $VITM$: Rongga udara di dalam campuran aspal padat, persen berat total dari campuran
 G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran aspal (rongga tanpa udara)
 G_{mb} : Berat jenis *bulk* campuran padat

c. Rongga di dalam agregat atau *Voids in the Mineral Aggregate (VMA)*

VMA merupakan banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam aspal beton yang padat yang dinyatakan dalam persentase. *VMA* akan meningkat jika selimut aspal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari aspal beton padat, *VMA* dapat dihitung dengan Persamaan 3.6.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \quad (3.6)$$

dengan:

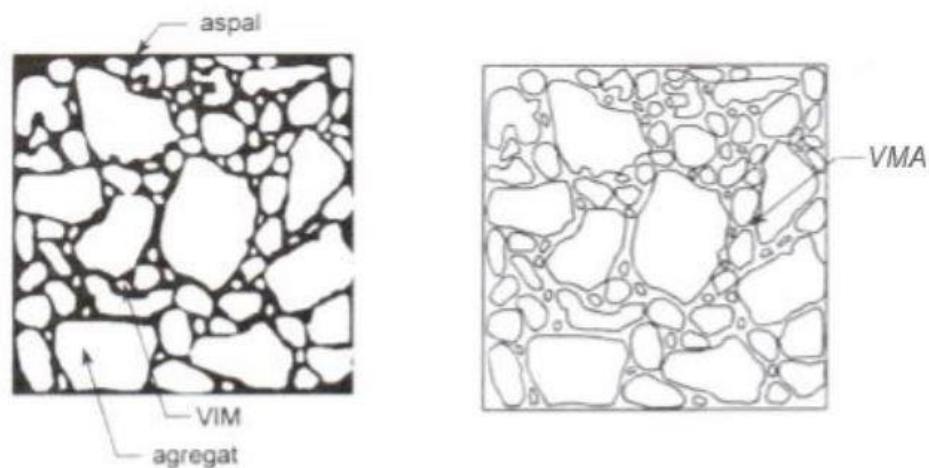
VMA : Volume pori antara agregat di dalam aspal beton padat, % dari volume *bulk* aspal beton padat

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari aspal beton padat

P_s : Kadar agregat, % terhadap aspal beton padat

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk aspal beton padat

Untuk ilustrasi *VIM* dan *VMA* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Ilustrasi *VIM* dan *VMA*

d. *Volume of Void Filled with Asphalt (VFWA)*

VFWA merupakan volume pori aspal beton padat yang terisi oleh aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam aspal beton padat, atau *VFWA* adalah presentase volume aspal beton padat yang menjadi selimut aspal. Perhitungan *VFWA* dapat dihitung dengan Persamaan 3.7.

$$VFWA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \quad (3.7)$$

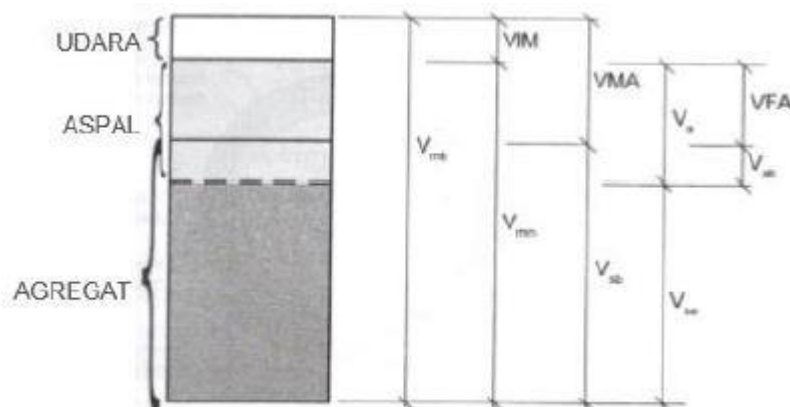
dengan:

VFWA : Volume pori antara agregat yang terisi aspal, % dari *VMA*

VMA : Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal padat, % dari volume *bulk* aspal beton padat

VIM : Volume pori dalam aspal beton padat, % volume *bulk* aspal beton padat

Untuk ilustrasi *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ilustrasi *VFWA*

Sumber: Sukirman (2003)

3.6.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap yaitu gelombang, alur, dan *bleeding*. Nilai stabilitas harus sebanding dengan beban yang diterima kendaraan yang lewat di atas perkerasan jalan tersebut. Kelelahan (*flow*) merupakan besarnya deformasi vertikal dari rancangan benda uji yang terjadi dari awal pembebanan sampai kondisi kestabilan menurun pada *Marshall Test*. Nilai kelelahan (mm) menunjukkan besarnya deformasi benda uji akibat pembebanan yang diberikan, untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur di lapangan maka sebelumnya dilakukan proses perendaman di dalam *water bath* dengan suhu 60°C dengan lama pemanasan 30-40 menit.

Pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat *Marshall*, kemudian diberikan beban dengan kecepatan 2 inci/menit atau 51 mm/menit. Perhitungan nilai stabilitas dapat dilihat pada Persamaan 3.8.

$$q = p \times q \quad (3.8)$$

dengan:

q : Nilai stabilitas

p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*

q : Angka koreksi benda uji

3.6.6 Kedap Air (*Impremeability*)

Kedap air berarti kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton. Penuaan pada perkerasan dan pengupasan selimut aspal dari permukaan agregat disebabkan oleh air dan udara. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impremeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. Impremeabilitas suatu perkerasan dapat diukur dengan cara koefisien aliran atau permeabilitas. Perhitungan koefisien permeabilitas dapat dilihat pada Persamaan 3.9.

$$k = \frac{v \times L \times \gamma_{air}}{p \times A \times T} \quad (3.9)$$

dengan:

k : Koefisien permeabilitas (cm/detik)

γ_{air} : Berat jenis air (Kg/cm³)

P : Tekanan air pengujian (Kg/cm²)

A : Luas penampang benda uji (cm²)

T : Lama waktu perembesan (detik)

Berikut adalah klasifikasi aspal berdasarkan nilai permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Klasifikasi Campuran Aspal Berdasarkan Nilai Permeabilitas

No.	K (cm/detik)	Permeability
1	1×10^{-8}	<i>Impervious</i>
2	1×10^{-6}	<i>Practically Impervious</i>
3	1×10^{-4}	<i>Poor Drainage</i>
4	100×10^{-4}	<i>Fair Drainage</i>
5	1000×10^{-4}	<i>Good Drainage</i>

Sumber: Suparma (1997) dalam Chairussyah (2001)

3.6.7 Keawetan (*Durability*)

Durabilitas pada suatu perkerasan sangat diperlukan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun akibat gesekan kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas suatu perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Selimut aspal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitasnya tinggi, tetapi memungkinkan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.
2. Nilai *VIM* kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas.

3. Nilai *VMA* besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika nilai *VMA* dan *VIM* kecil dan kadar aspal tinggi memungkinkan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai nilai *VMA* yang besar ini menggunakan agregat bergradasi senjang.

Durabilitas dapat diperoleh dengan melakukan proses perendaman pada aspal. Proses perendaman dilakukan untuk mengetahui pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal. Stabilitas benda uji ditentukan setelah satu hari perendaman di dalam air pada suhu 60°C. Tingkat durabilitas campuran yang semakin besar disebabkan oleh campuran agregat-agregat dengan indeks perendaman yang semakin besar pula. Nilai indeks stabilitas sisa (*IRS*) dapat dihitung dengan Persamaan 3.10.

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \quad (3.10)$$

dengan:

IRS : Indeks stabilitas sisa (%)

Msi : Stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) (Kg)

MSs : Stabilitas *Marshall* standar (1/2 jam) (Kg)

3.6.8 Karakteristik Kuat Tarik Tak Langsung

Pengujian tarik tak langsung atau *Indirect Tensile Strength Test* dilakukan dengan memberikan pembebanan tunggal atau berulang pada benda uji yang berbentuk silinder dan pembebanan sejajar dengan diameter vertikal dari benda uji sampai titik batas kerusakan yang diindikasikan dengan terjadinya retak pada arah vertikal benda uji (Hakim, 2004). Perhitungan nilai ITS dapat dilihat pada Persamaan 3.11.

$$ITS = \frac{2Pmaks}{\rho \times t \times d} \quad (3.11)$$

dengan:

ITS : *Indirect Tensile Strength* (N/mm^2)

P_{maks} : Pembebanan maksimum (N)

t : Tinggi rata-rata benda uji (mm)

d : Diameter benda uji (mm)

3.6.9 Karakteristik *Cantabro*

Menurut Mashuri (2014) pengujian *Cantabro* merupakan pengujian untuk mengetahui besarnya batas kekuatan hancur/keausan yang diakibatkan oleh pengaruh *impact* (tumbukan/pembebanan) beban roda kendaraan. Pembebanan lalu lintas pada lapis permukaan perkerasan jalan secara berulang-ulang akan menyebabkan lapis perkerasan tersebut menjadi aus dan penurunan sifat daya tahan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja. Nilai *Cantabro* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.12.

$$CALi = \frac{(mi_1 - mi_2)}{mi_1} \times 100 \quad (3.12)$$

dengan:

$CALi$: *Cantabro Abrasion Loss* (%)

Mi_1 : Berat mula-mula benda uji (*specimen*) (gr)

Mi_2 : Berat benda uji (*specimen*) setelah pengujian (gr)

3.6.10 *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas terhadap nilai kelelahan dalam suatu Kg/mm yang menunjukkan nilai fleksibilitas campuran aspal. Nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan kekakuan lapis suatu perkerasan tinggi dan dapat mengakibatkan retak-retak pada permukaan perkerasan tersebut, sedangkan nilai *MQ* yang terlalu kecil mengakibatkan perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban kendaraan. (Sitanggang, 2007). Nilai *MQ* dapat dihitung dengan Persamaan 3.13.

$$MQ = \frac{\textit{Stability (Kg)}}{\textit{Flow (mm)}} \quad (3.13)$$

dengan:

MQ : *Marshall Quotient* (Kg/mm)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, data diperoleh dari beberapa pengujian menggunakan alat uji sehingga mendapatkan data yang diperlukan untuk menganalisis hasil pengujian. Data yang didapat kemudian diolah dan dibandingkan dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Standar dan spesifikasi yang menjadi pedoman dalam penelitian ini adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Pada tugas akhir ini jenis metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *non-probability sampling* (pengambilan tidak dipilih secara acak). *Non-probability sampling* yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu sampel yang diambil berdasarkan tujuan.

Sampel yang digunakan sesuai dengan kriteria tertentu berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan proses perendaman dengan air suling dan aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70.

4.3 Metode Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pengelompokan benda uji dan didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, nilai dan *IRS*, nilai koefisien permeabilitas, dan nilai pengujian *Cantabro*.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian mengenai Tugas Akhir penulis dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, sedangkan untuk pengujian permeabilitas dilakukan di Laboratorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada.

Adapaun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Material yang digunakan dalam pembuatan benda uji ini adalah agregat bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dan aspal Pertamina Pen 60/70. Serat selulosa yang digunakan adalah berupa *Roadcel-50* tetapi tidak dilakukan pengujian. Tujuan dari pemeriksaan material untuk mengetahui kelayakan material tersebut telah sesuai dengan spesifikasi atau standar yang telah ditentukan.

Spesifikasi yang digunakan dalam metode ini mengacu pada *ASTM*, *SNI*, dan *Bina Marga 2010*. Berikut adalah tahapan pengujian agregat dan aspal.

1. Pengujian Agregat

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1970:2008)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis agregat kasar dan kemampuan dalam menyerap air. Parameter berat jenis yang ditinjau adalah dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), dan berat jenis semu (*Apparent*).

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

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis agregat halus dan kemampuan dalam menyerap air. Parameter berat jenis yang ditinjau adalah dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), dan berat jenis semu (*Apparent*).

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

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ditentukan dari persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal.

- d. Pengujian analisa saringan yang bertujuan untuk mendapatkan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan halus dengan menggunakan saringan.
 - e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423:2008), bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur yang mempunyai lempung pada agregat halus.
 - f. Pengujian keausan agregat (SNI-2417:2008), bertujuan untuk menentukan keausan dari agregat dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.
2. Pengujian Aspal

Pada pengujian aspal ini mengacu pada standar dan spesifikasi Bina Marga 2010. Adapun tahapan pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25 ⁰ C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Titik Lembek (⁰ C)	SNI 2434:2011	≥ 48
3	Daktalitas pada 25 ⁰ C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
4	Titik Nyala (⁰ C)	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

3. Pengujian *Filler*

Pengujian *filler* bertujuan untuk mengetahui kelayakan *filler* yang digunakan memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga 2010. Adapun syarat gradasi dari *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Syarat Gradasi *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Lolos Saringan No. 200	SNI 03 M-02-1994-03	Minimal 75%
Bebas dari bahan organik	SNI 03 M-02-1994-03	Maksimal 4 %

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2010)

4. Pengujian Bahan *RAP*

Setelah mendapatkan material *RAP*, kemudian di ekstraksi terlebih dahulu dilanjutkan dengan melakukan pengujian penetrasi dan titik lembek.

4.4.2 Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat Uji *Marshall*

Peralatan yang digunakan pada pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

- a. Mesin *Marshall Test*, terdiri dari kepala penekan dengan kapasitas 2500 Kg, cincin penguji, dial tekan untuk pembaca stabilitas, dan dial pengukur kelelahan (*flow*).
- b. Bak perendam (*water bath*) dengan kedalaman 150 mm pada temperatur $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

2. Alat Uji Permeabilitas

Komponen utama dari alat uji permeabilitas adalah dudukan karet ban yang diikat pada pendulum dan digesek di atas permukaan aspal.

3. Peralatan untuk perendaman (*immersion*)

- a. Simulasi perendaman menggunakan air rob dengan menggunakan bak berisikan air asin dengan suhu ruang.
- b. Pengujian *Marshall* standar menggunakan *water bath* dengan suhu 60°C selama 30 menit.
- c. Pengujian *IRS* menggunakan *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.

4. Alat uji tarik tak langsung (*Indirect Tensile Strength Test*)

Adapun komponen pada alat *ITS* adalah sebagai berikut.

- a. Satu pasang alat untuk menekan benda uji berbentuk lengkung dengan lebar 13 mm (0,5 inci).
- b. Dial yang berfungsi sebagai alat pengukur perubahan ke arah vertikal.
- c. Satu pasang dial yang berfungsi sebagai pengukur perubahan ke arah horizontal.

5. Alat Uji *Cantabro*

Cantabro test menggunakan alat abrasi *Los Angeles* tanpa bola baja dan alat timbang dengan ketelitian 0,1 gram.

4.4.3 Perencanaan Campuran

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal. Hal yang dilakukan sebelum melakukan pencampuran adalah mengetahui sifat-sifat material tersebut apakah sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Setelah material dilakukan pengujian, agregat kemudian disaring menggunakan saringan yang ditentukan guna mengetahui jenis agregat yang akan dimasukkan ke dalam campuran. Rencana agregat yang digunakan merupakan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rencana Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	mm		Range	Ideal
1	19	3/4"	100	100
2	12,5	1/2"	90-100	95
3	9,5	3/8"	50-65	54
4	4,75	No. 4	30-45	33
5	2,36	No. 8	20-30	25
6	0,3	No. 50	10-22	16
7	0,075	No. 200	8-12	10

Sumber: Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013)

Kadar bahan *RAP* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30%, sedangkan kadar aspal rencana yang digunakan adalah 4,4%, 4,9%, 5,4%, 5,9% dan 6,4%. Kadar serat selulosa yang digunakan adalah 7% dari berat aspal. Untuk rekapitulasi kadar peremaja dan kebutuhan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 halaman selanjutnya.

Tabel 4.4 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal (%)		Kadar Peremaja (%)					Jumlah
Total (<i>new asphalt</i> + <i>RAP</i>)		0	2,7	5,4	8,1	10,8	
4,4 (70+30)	Jumlah Sampel	3	3	3	3	3	15
4,9 (70+30)		3	3	3	3	3	15
5,4 (70+30)		3	3	3	3	3	15
5,9 (70+30)		3	3	3	3	3	15
6,4 (70+30)		3	3	3	3	3	15
Total							75

Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Pengujian

Pengujian		Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai (%)				
		0	2,7	5,4	8,1	10,8
<i>Marshall</i>	Jumlah Sampel	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>		3	3	3	3	3
<i>ITS</i>		3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>		3	3	3	3	3
Permeabilitas		2	2	2	2	2
Jumlah		14	14	14	14	14
Total						70

Berdasarkan hasil rancangan kadar bahan *RAP*, kadar aspal, dan kadar peremaja jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 benda uji untuk pengujian Kadar Aspal Optimum dan 70 benda uji untuk setiap pengujian termasuk lama rendaman. Total benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 140 sampel.

4.4.4 Pengujian *Marshall*

Langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air suling.
2. Melakukan penimbangan benda uji didalam air, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak berisi air dan dikeringkan permukaannya sehingga benda uji tersebut dalam keadaan kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*).
3. Melakukan penimbangan benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh.
4. Benda uji direndam dalam bak (*water bath*) pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit.
5. Mengeluarkan benda uji dari dalam bak, kemudian melakukan pengujian alat tekan *Marshall*. Benda uji diletakkan pada segmen bawah dan kepala penekan. Segmen atas dipasang di atas benda uji, dan diletakkan keseluruhannya pada alat uji *Marshall*.
6. Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji (*proving ring*), kemudian diatur kedudukan jarum dial ditekan pada posisi nol dan dial *flowmeter* pada angka nol.
7. Penekan dimulai dengan memberikan pembebanan maksimum dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, ditandai dengan jarum dial tekan berhenti berbalik arah. Mencatat pembacaan dial tekan (angka stabilitas) dan pada saat itu pula dilakukan pembacaan jarum dial kelelahan.
8. Benda uji lainnya juga dilakukan pengujian yang sama.
9. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.5 Pengujian Permeabilitas

Langkah-langkah pengujian permeabilitas adalah sebagai berikut.

1. Membuat benda uji dengan kadar aspal optimum yang telah diperoleh dari pengujian *Marshall*.
2. Meletakkan benda uji pada alat uji untuk dilakukan pengujian.
3. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian permeabilitas.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.6 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Perbedaan pengujian *Marshall* dengan pengujian perendaman adalah pada lama perendaman di dalam *water bath*, yaitu selama 24 jam. Adapun langkah-langkah pengujian *Immersion Test* adalah sebagai berikut.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air suling selama 24 jam pada suhu ruang, agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Menimbang benda uji dalam keadaan jenuh air.
3. Mengeringkan benda uji dengan cara mengelap, kemudian benda uji ditimbang di dalam air.
4. Merendam benda uji di dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian *Marshall*.
6. Menganalisis hasil pengujian dan membuat pembahasan.

4.4.7 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Langkah-langkah pengujian *ITS* adalah sebagai berikut.

1. Meletakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air suling pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
2. Mendapatkan nilai dari dial hasil pengujian.
3. Menganalisis hasil pengujian dan membuat pembahasan.

4.4.8 Pengujian *Cantabro*

Langkah-langkah pengujian *cantabro* adalah sebagai berikut.

1. Meletakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air suling ke dalam benda uji *Los Angeles* tanpa bola baja.
2. Mendapatkan nilai hasil pengujian *Cantabro*
3. Menganalisis hasil pengujian dan membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian pada benda uji adalah sebagai berikut.

1. Analisis karakteristik *Marshall*

Dari pengujian *Marshall* diperoleh data sebagai berikut:

- a. berat benda uji sebelum direndam (gram),
- b. berat benda uji di dalam air (gram),
- c. berat benda uji dalam keadaan jenuh,
- d. tebal benda uji,
- e. pembacaan dial stabilitas (Kg), dan
- f. pembacaan dial kelelahan (mm).

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

- a. Berat jenis aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.1)$$

dengan:

- A : Berat piknometer dengan penutup (gram)
 B : Berat piknometer berisi air (gram)
 C : Berat piknometer berisi aspal (gram)
 D : Berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

- b. Berat jenis agregat

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

dengan:

- A : Presentase agregat kasar
 B : Presentase agregat halus

F1 : Berat jenis agregat kasar

F2 : Berat jenis agregat halus

- c. Nilai stabilitas menggunakan Persamaan 3.8.
 - d. Kelelehan (*flow*), dibaca dari pembacaan dial kelelehan.
 - e. *VIM* menggunakan Persamaan 3.5.
 - f. *VMA* menggunakan Persamaan 3.6.
 - g. *VFWA* menggunakan Persamaan 3.7.
 - h. *MQ* menggunakan Persamaan 3.13.
 - i. Pengujian *IRS* menggunakan persamaan 3.10.
 - j. Pengujian *ITS* menggunakan persamaan 3.11.
 - k. Pengujian *Cantabro* menggunakan persamaan 3.12.
 - l. Pengujian permeabilitas menggunakan persamaan 3.9.
2. Analisis Statistik

Data-data seperti karakteristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro*, permeabilitas, dan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai terhadap campuran *SMA* dianalisis menggunakan analisis statistik *Analysis of Variance (ANOVA)* satu arah. Metode ini digunakan karena terdapat variabel bebas yang terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu kadar peremaja minyak goreng bekas pakai. Secara umum analisis statistik menggunakan *ANOVA* satu arah adalah sebagai berikut.

- a. Merumuskan hipotesis (H_0) dan hipotesis alternative (H_a)

Uji hipotesis bertujuan untuk mengetahui pengaruh masing-masing factor variabel.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_k$$

- b. Menentukan nilai α atau tingkat signifikan.
- c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan.
- d. Penggunaan tabel distribusi F
Nilai F tabel bergantung dari nilai α dan df.
- e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

Daerah penolakan dan penerimaan dibatasi oleh nilai α dan nilai F-hitung.

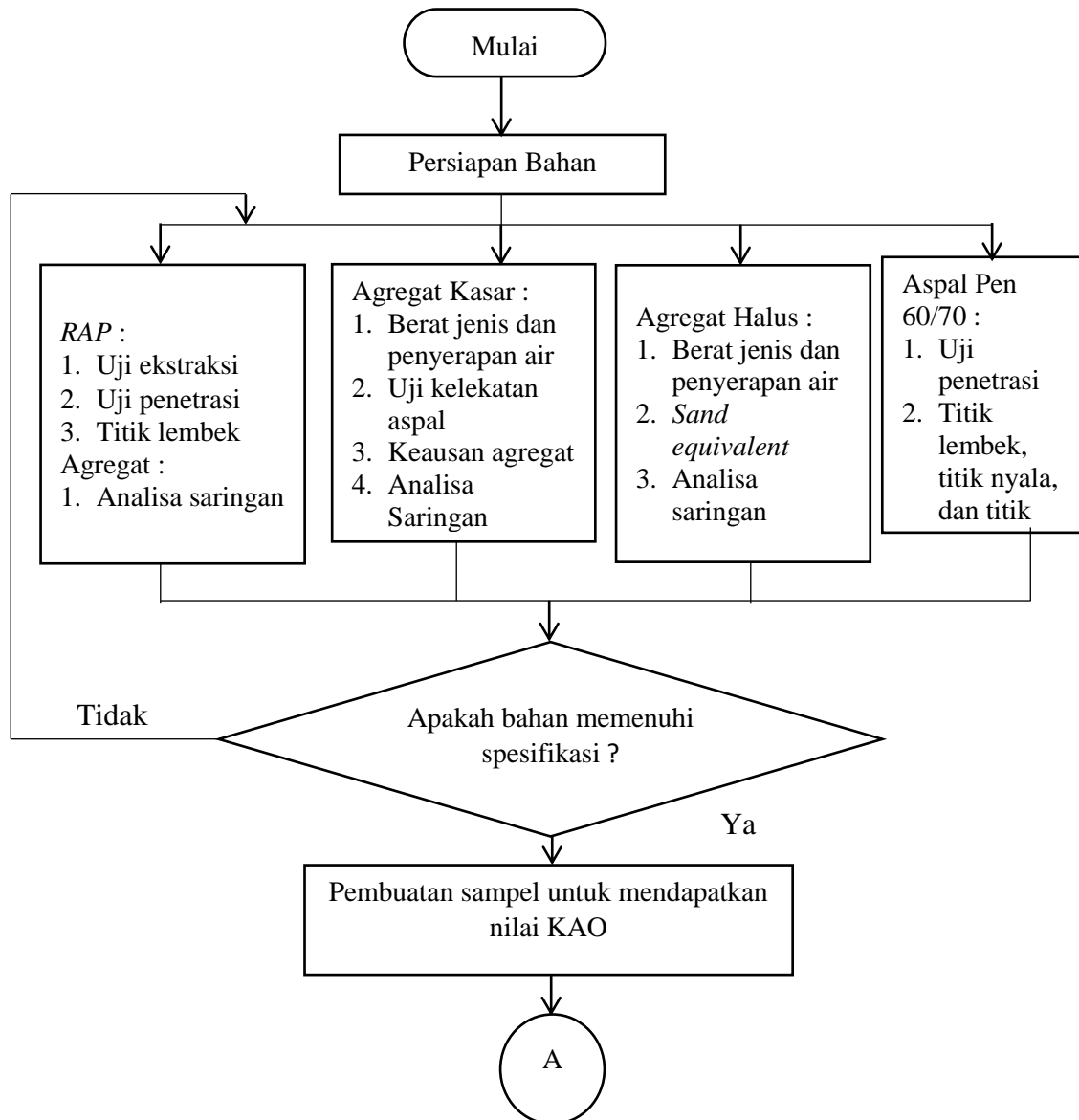
f. Perumusan keputusan H_0 dan H_a

H_0 : Tidak ada perbedaan secara signifikan pengaruh kadar peremaja minyak goreng bekas pakai terhadap karakteristik campuran SMA 12,5mm

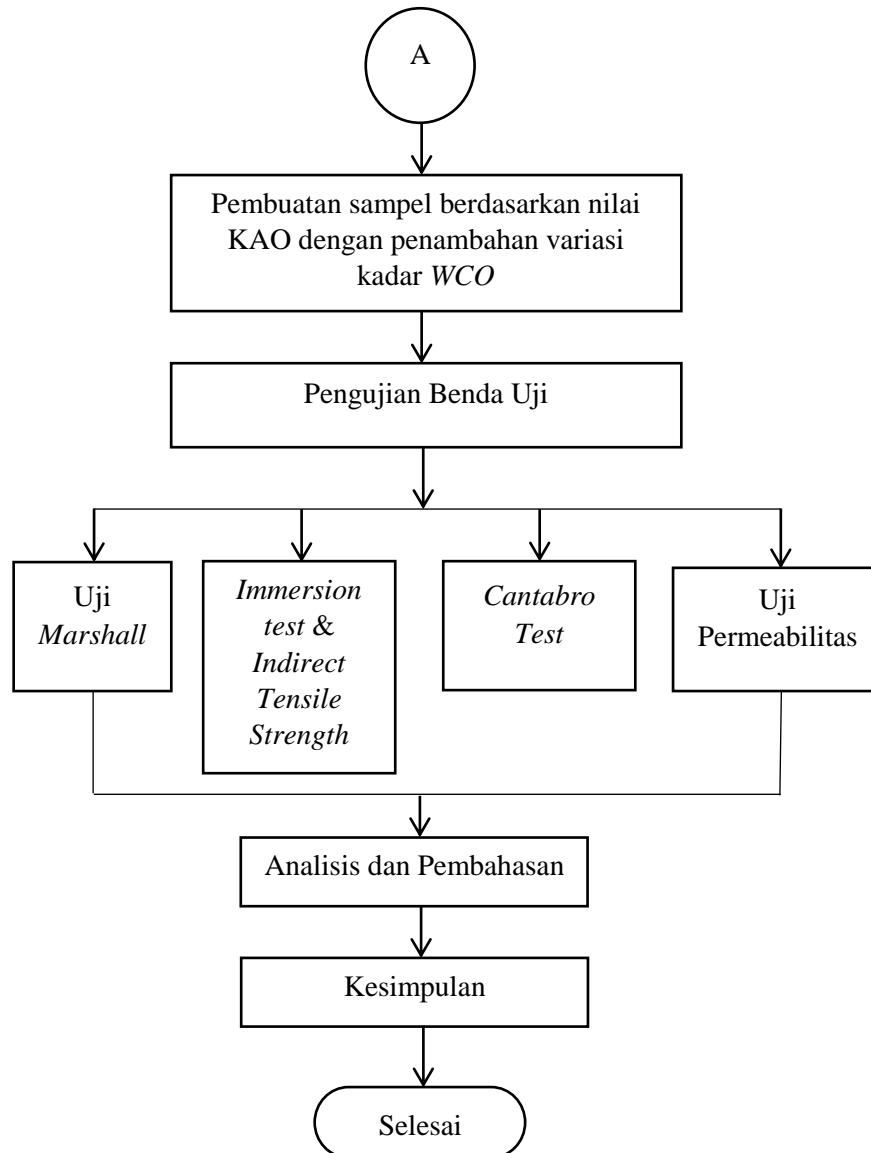
H_a : Ada perbedaan secara signifikan pengaruh kadar peremaja minyak goreng bekas pakai terhadap karakteristik campuran SMA 12,5mm

4.6 Bagan Alir Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat bagan alir pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Metode Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir Metode Penelitian

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Material

5.1.1 Hasil Pengujian Material *RAP*

Material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant (AMP)* Piyungan diuji untuk menentukan jenis campuran yang digunakan pada ruas jala sebelumnya. Tujuannya adalah untuk merencanakan campuran bahan *RAP* dengan bahan campuran agregat dan aspal baru. Salah satu pengujian yang dilakukan untuk menentukan karakteristik material *RAP* ini adalah sebagai berikut.

1. Penentuan Kadar Aspal Pada Material *RAP*

Pengujian yang dilakukan dalam menentukan nilai kadar aspal yang terkandung pada bahan *RAP* adalah pemeriksaan ekstraksi aspal. Hasil pemeriksaan ekstraksi aspal dan kadar aspal pada material *RAP* dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Kadar Aspal Pada Material *RAP*

Keterangan	Satuan	Sampel Uji		
		I	II	III
Kadar Aspal	%	5,45	5,50	5,75
Kadar Aspal Rata-Rata	%	5,57		

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rata-rata nilai kadar aspal yang terkandung didalam *RAP* sebesar 5,57%.

2. Pengujian Penetrasi Aspal Pada Material *RAP*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penetrasi pada aspal yang terkandung didalam material *RAP*. Hasil perhitungan nilai penetrasi aspal pada material *RAP* diperoleh nilai rata-rata sebesar 70,4 mm. Berdasarkan nilai penetrasi aspal tersebut, maka aspal pada material *RAP* merupakan jenis aspal Penetrasi 60/70 dan dapat digunakan untuk pencampuran dalam penelitian ini.

3. Pengujian Titik Lembek Aspal Pada Material *RAP*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai titik lembek aspal pada material *RAP*. Berdasarkan hasil pengujian titik lembek aspal pada material *RAP* diperoleh nilai titik lembek aspal pada suhu 49°C dan waktu 11 menit 45 detik. Nilai titik lembek yang diperoleh memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 untuk nilai titik lembek aspal penetrasi 60/70 yaitu 48°C - 59°C.

Rekapitulasi karakteristik material pada bahan *RAP* dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Karakteristik Material *RAP*

No	Keterangan	Satuan	Hasil
1	Kadar Aspal	%	5,57
2	Penetrasi	mm	52
3	Titik Lembek	°C	55

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar, dan *filler* yang berasal dari Sungai Clereng, Kulon Progo. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Hasil pengujian yang diperoleh telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,68	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	1,95	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	98	Memenuhi
4	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	< 40	14	Memenuhi

Pembahasan untuk pengujian karakteristik agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan sampel uji adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperature tertentu. Jika agregat kasar dengan berat jenis yang kecil memiliki pori yang lebih besar sehingga dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan sebaliknya. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat kasar diperoleh hasil nilai berat jenis sebesar 2,67 dan memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 2,5.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Penyerapan agregat terhadap air adalah tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air, pori atau rongga pada agregat. Agregat dengan pori yang besar memiliki nilai penyerapan yang besar, sehingga membutuhkan banyak aspal. Berdasarkan hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air diperoleh sebesar 2,413% dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu < 3%.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase luas permukaan suatu agregat yang terselimuti aspal terhadap permukaan agregat. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kelekatan agregat terhadap aspal sebesar 98% dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 95\%$.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap penghancuran (*degradasi*). Nilai keausan diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan No. 12 terhadap berat semula.

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus meliputi pengujian berat jenis, penyerapan agregat terhadap air, dan pengujian *Sand Equivalent*. Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$> 2,5$	2,66	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	2,59	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	91,53	Memenuhi

Pembahasan untuk pengujian karakteristik agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan sampel uji adalah sebagai berikut.

1. Berat Jenis Agregat

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis agregat halus bahwa agregat yang berasal dari Sungai Clereng memiliki nilai berat jenis sebesar 2,66 dan memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air diperoleh sebesar 1,389% dan memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Berdasarkan hasil pengujian *Sand Equivalent* diperoleh sebesar 92,961% dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$.

5.2 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

5.2.1 Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

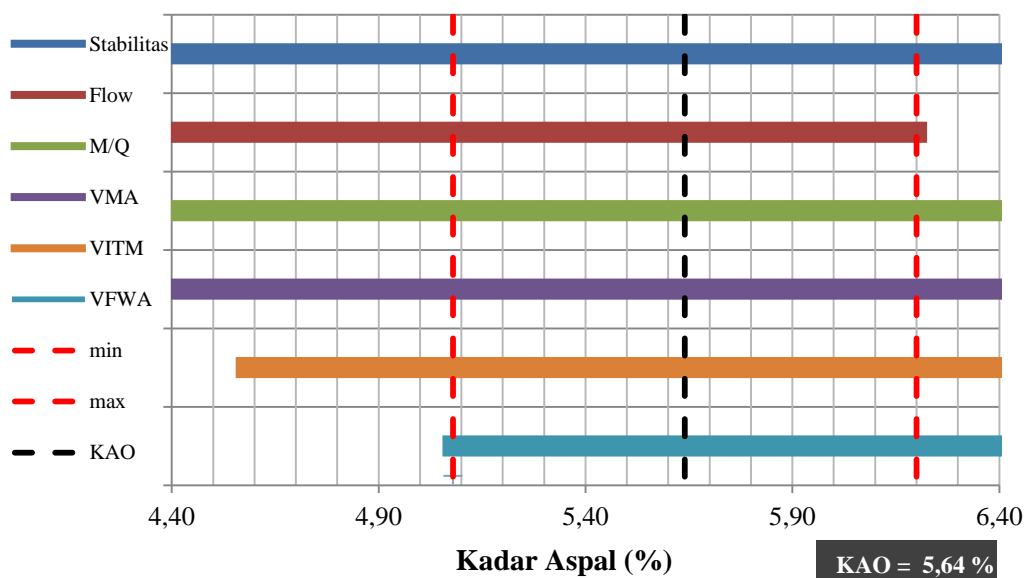
Pengujian untuk menentukan nilai KAO dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil FTSP UII, Yogyakarta. Salah satu pengujian yang digunakan dalam menentukan nilai KAO adalah uji *Marshall*. Data yang diperoleh berupa nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), *VMA (Void in Material Aggregate)*, *VITM (Void in the Total Mix)*, *VFWA (Void Filled With Asphalt)*, *MQ (Marshall Quotient)*, dan kepadatan (*Density*). Campuran *SMA* ini menggunakan bahan ikat aspal Pertamina Penetrasi 60/70.

Penentuan nilai KAO pada campuran *SMA* dilihat dari parameter pada karakteristik uji *Marshall* berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1983 yaitu nilai *VITM* dengan syarat 3% -5%, nilai *VFWA* 76% - 82%, nilai *VMA* minimal 15%, nilai stabilitas lebih dari 670 Kg, nilai *flow* dengan syarat 2 mm – 4 mm, dan nilai *MQ* dengan syarat 190 – 300 Kg/mm. Nilai KAO didapatkan dari nilai tengah antara batas maksimum dan minimum.

Pada penelitian ini nilai KAO yang diperoleh berupa 5 nilai kadar aspal optimum berdasarkan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai. Rekapitulasi hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, dan 5.9. dan nilai KAO dapat dilihat grafik hubungan pada Gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, dan 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Marshall* Padar Kadar Peremaja 0%

SPESIFIKASI <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
	4.4	980.80	3.19	309.61	5.38	67.51	16.41	2.342
	4.9	982.28	3.22	306.65	4.25	74.16	16.45	2.353
	5.4	919.04	3.48	265.29	3.44	79.59	16.77	2.357
	5.9	904.90	3.60	253.36	3.54	81.27	17.86	2.338
	6.4	909.58	4.33	216.77	3.60	81.08	18.92	2.321
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	> 15	

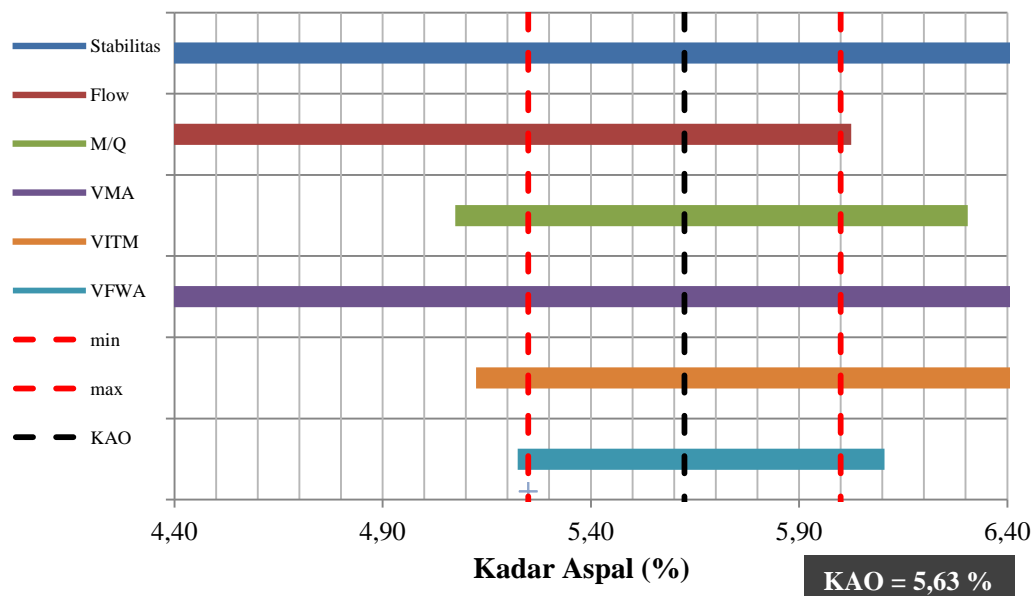


Gambar 5.1 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 0%

Berdasarkan grafik hubungan karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 0% adalah sebesar 5,64 %.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Marshall Padar Kadar Peremaja 2,7%

SPESIFIKASI <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	M _Q (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
	4.4	1274.24	2.67	479.28	7.33	59.61	18.14	2.294
	4.9	1027.33	2.95	348.86	6.44	64.95	18.36	2.300
	5.4	861.65	3.52	244.66	3.44	79.57	16.77	2.357
	5.9	879.12	3.60	244.88	3.42	81.26	17.76	2.341
	6.4	814.42	5.35	156.43	3.01	83.74	18.41	2.335
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	> 15	

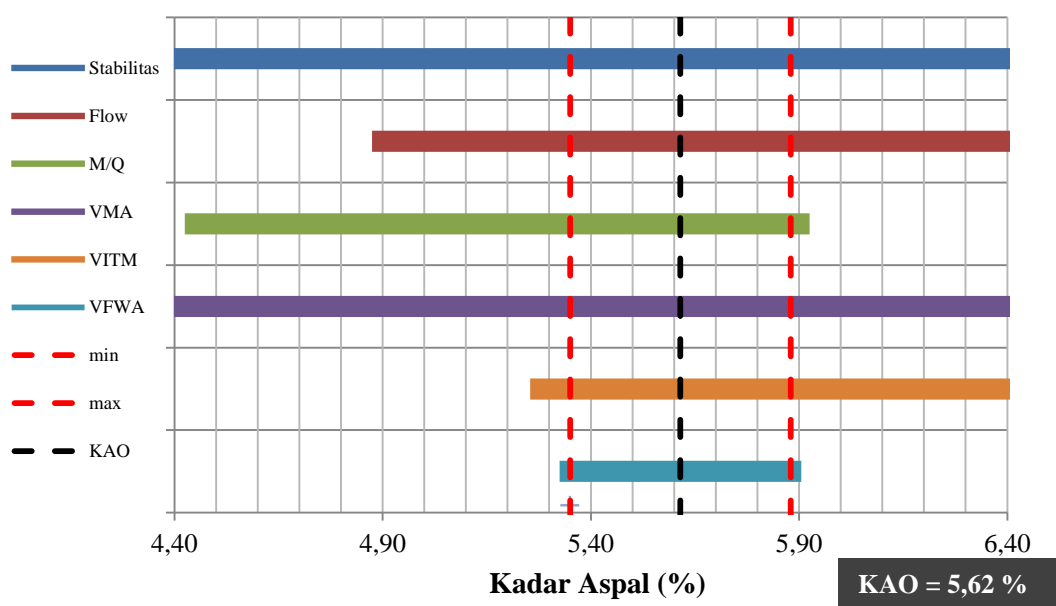


Gambar 5.2 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 2,7%

Berdasarkan grafik hubungan karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 2,7% adalah sebesar 5,63 %.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Marshall Padar Kadar Peremaja 5,4%

SPESIFIKASI	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
	4.4	971.53	5.43	183.03	10.53	49.94	20.97	2.215
	4.9	995.17	3.97	252.88	9.16	57.00	20.73	2.233
	5.4	1089.86	3.93	287.74	3.80	77.86	17.08	2.348
	5.9	1054.95	3.75	295.75	3.10	82.74	17.49	2.349
	6.4	1526.40	3.43	477.42	3.12	83.19	18.51	2.333
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	15	

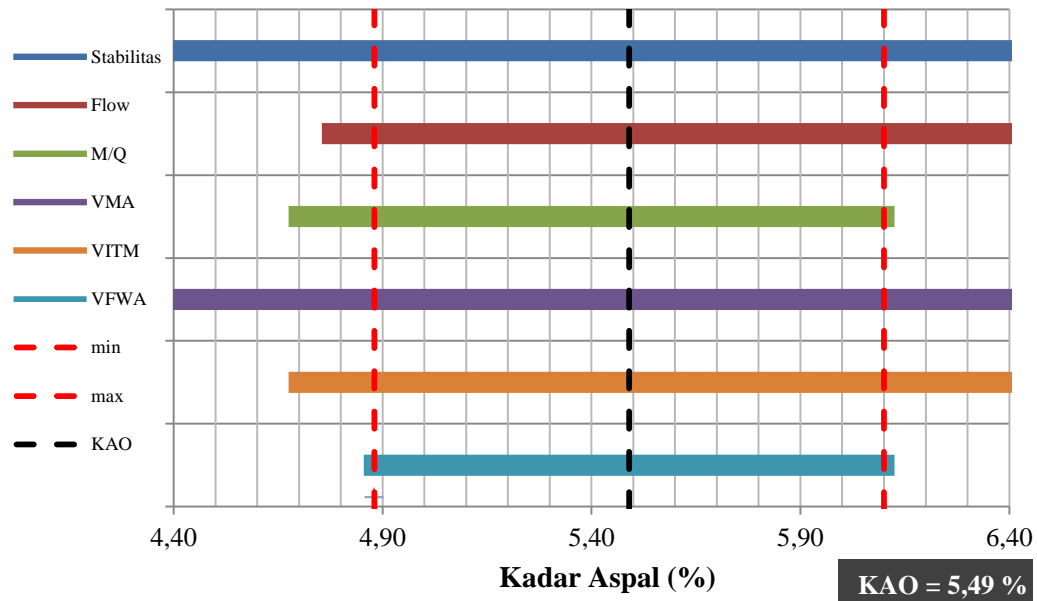


Gambar 5.3 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 5,4%

Berdasarkan grafik hubungan karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 5,4% adalah sebesar 5,62 %.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Marshall Padar Kadar Peremaja 8,1%

SPESIFIKASI <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
	4.4	989.62	4.76	208.42	7.42	59.32	18.22	2.292
	4.9	971.96	3.68	264.44	3.70	77.04	15.97	2.367
	5.4	1011.42	3.40	298.38	3.56	79.01	16.87	2.354
	5.9	1015.78	3.48	293.49	3.47	81.15	17.80	2.340
	6.4	1385.99	3.42	403.68	3.18	83.31	18.56	2.331
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	15	

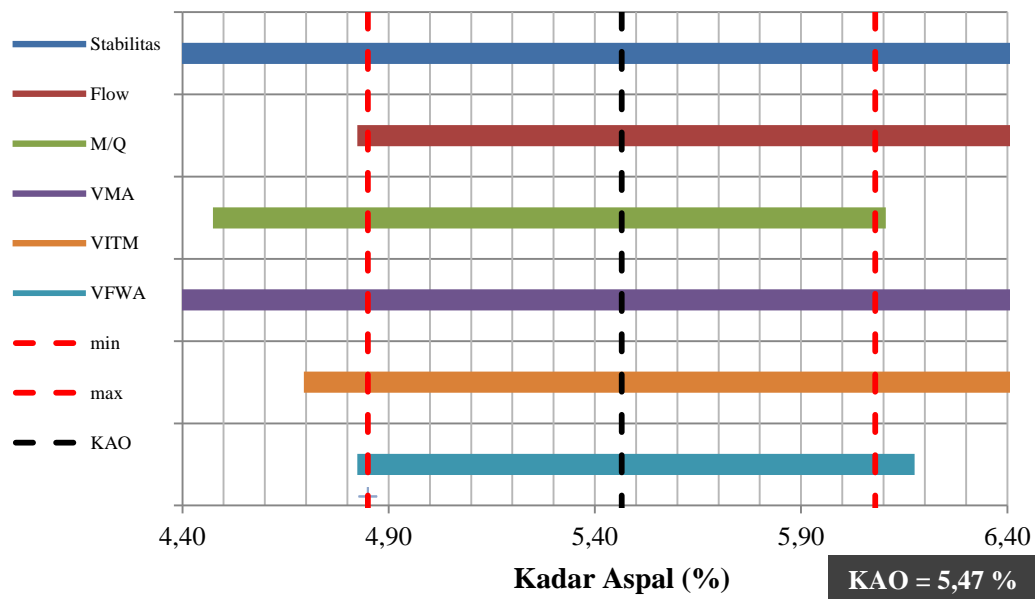


Gambar 5.4 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 8,1%

Berdasarkan grafik hubungan karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 8,1% adalah sebesar 5,49 %.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian *Marshall* Padar Kadar Peremaja 10,8%

SPESIFIKASI <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	Density (gr/cc)
	4.4	929.94	5.23	178.07	8.12	56.98	18.84	2.274
	4.9	961.94	3.92	246.00	3.63	77.19	15.91	2.369
	5.4	980.35	3.73	268.37	3.40	79.86	16.73	2.358
	5.9	1061.90	3.62	294.04	3.42	81.21	17.76	2.341
	6.4	1077.00	3.43	314.07	3.19	82.96	18.56	2.331
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	15	



Gambar 5.5 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 10,8%

Berdasarkan grafik hubungan karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 10,8% adalah sebesar 5,47 %.

5.2.2 Kebutuhan Agregat Untuk Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Kebutuhan agregat, aspal, dan kadar minyak goreng bekas pakai untuk capuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, dan 5.14 berikut ini.

Tabel 5.10 Kebutuhan Agregat Pada KAO 5,640 %

Kadar Aspal	5,640	%	0,0564
Total campuran	1200	gr	67,68
Kadar RAP	5,57	%	0,0557
	Campuran Baru	Campuran Lama (<i>RAP</i>)	
%	70	30	
berat agregat (gr)	840	360	20,05 <= Aspal pada <i>RAP</i> (gr)
agregat baru (gr)	792,37		47,63 Tambahan aspal baru (gr)
Kebutuhan Campuran untuk Kadar Aspal 5,640 %			
Agregat Baru	792,37	gr	
Aspal Baru	47,63	gr	
<i>RAP</i>	360	gr	

Tabel 5.11 Kebutuhan Agregat Pada KAO 5,625 %

Kadar Aspal	5,625	%	0,05625
Total campuran	1200	gr	67,5
Kadar RAP	5,57	%	0,0557
	Campuran Baru	Campuran Lama (<i>RAP</i>)	
%	70	30	
berat agregat (gr)	840	360	20,05 <= Aspal pada <i>RAP</i> (gr)
agregat baru (gr)	792,55		47,45 Tambahan aspal baru (gr)
Kebutuhan Campuran untuk Kadar Aspal 5,625 %			
Agregat Baru	792,55	gr	
Aspal Baru	47,45	gr	
<i>RAP</i>	360	gr	

Tabel 5.12 Kebutuhan Agregat Pada KAO 5,615 %

Kadar Aspal	5,615	%	0,05615
Total campuran	1200	gr	67,38
Kadar RAP	5,57	%	0,0557
	Campuran Baru	Campuran Lama (<i>RAP</i>)	
%	70	30	
berat agregat (gr)	840	360	20,05 <= Aspal pada <i>RAP</i> (gr)
agregat baru (gr)	792,67		47,33 Tambahan aspal baru (gr)
Kebutuhan Campuran untuk Kadar Aspal 5,615 %			
Agregat Baru	792,67	gr	
Aspal Baru	47,33	gr	
<i>RAP</i>	360	gr	

Tabel 5.13 Kebutuhan Agregat Pada KAO 5,490 %

Kadar Aspal	5,490	%	0,0549
Total campuran	1200	gr	65,88
Kadar RAP	5,57	%	0,0557
	Campuran Baru	Campuran Lama (<i>RAP</i>)	
%	70	30	
berat agregat (gr)	840	360	20,05 <= Aspal pada <i>RAP</i> (gr)
agregat baru (gr)	794,17		45,83 Tambahan aspal baru (gr)
Kebutuhan Campuran untuk Kadar Aspal 5,490 %			
Agregat Baru	794,17	gr	
Aspal Baru	45,83	gr	
<i>RAP</i>	360	gr	

Tabel 5.14 Kebutuhan Agregat Pada KAO 5,465 %

Kadar Aspal	5,465	%	0,05465
Total campuran	1200	gr	65,58
Kadar RAP	5,57	%	0,0557
	Campuran Baru	Campuran Lama (<i>RAP</i>)	
%	70	30	
berat agregat (gr)	840	360	20,05 <= Aspal pada <i>RAP</i> (gr)
agregat baru (gr)	794,47		45,53 Tambahan aspal baru (gr)
Kebutuhan Campuran untuk Kadar Aspal 5,465 %			
Agregat Baru	794,47	gr	
Aspal Baru	45,53	gr	
<i>RAP</i>	360	gr	

Pencampuran yang digunakan adalah 70% campuran baru dan 30% campuran lama (material *RAP*). Variasi kadar peremaja yang digunakan yaitu 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8%. Setelah kebutuhan agregat dan aspal dipersiapkan, kemudian dilanjutkan proses pembuatan benda uji dan tahap pengujian yaitu pengujian karakteristik *Marshall*, pengujian *ITS*, *IRS*, *Cantabro*, dan pengujian permeabilitas.

5.3 Pengujian Karakteristik *Marshall*

5.3.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian karakteristik *Marshall* pada campuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

SPESIFIKASI <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	Kadar Peremaja (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)	<i>VITM</i> (%)	<i>VFWA</i> (%)	<i>VMA</i> (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
	0	1835,55	2,50	749,78	9,37	58,13	22,34	2,205
	2,7	1782,84	3,87	464,59	5,42	71,39	18,92	2,301
	5,4	1327,45	3,97	345,41	4,17	76,66	17,83	2,332
	8,1	1217,34	4,17	292,35	7,09	65,09	20,09	2,265
	10,8	1041,97	4,32	242,13	7,38	63,66	20,29	2,259
BINA MARGA 1987		> 670	2 - 4		3 - 5	76 - 82	> 15	

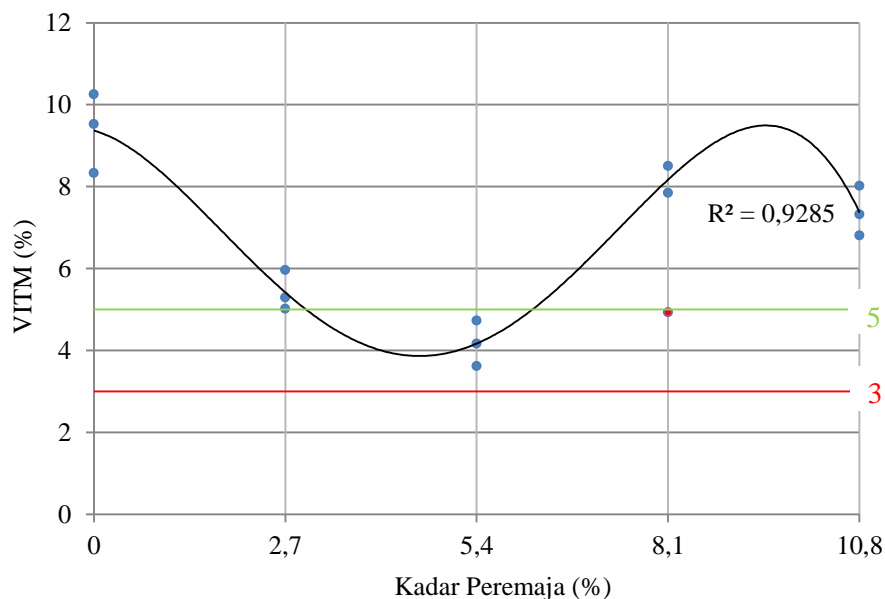
5.3.2 Pembahasan

Karakteristik *Marshall* memiliki parameter-parameter yang dijadikan acuan dalam penentuan nilai kadar aspal optimum adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Rongga Dalam Total Campuran (*VITM*)

VITM adalah rongga yang tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Rongga tersebut berfungsi sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat akibat beban lalu lintas yang berulang atau jika aspal melunak akibat perubahan temperature. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987 mensyaratkan nilai *VITM* adalah sebesar 3-5%.

Faktor yang mempengaruhi nilai *VITM* diantaranya adalah gradasi agregat, jenis, dan kadar aspal yang digunakan, suhu, dan proses pemadatan. *Split Mastic Asphalt (SMA)* merupakan gradasi senjang yang memiliki rongga yang cukup besar dari campuran bergradasi rapat, sehingga dibutuhkan kadar aspal yang tinggi untuk menutup rongga pada campuran tersebut dan menjaga keawetan campuran aspal tersebut. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5.6 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VITM*

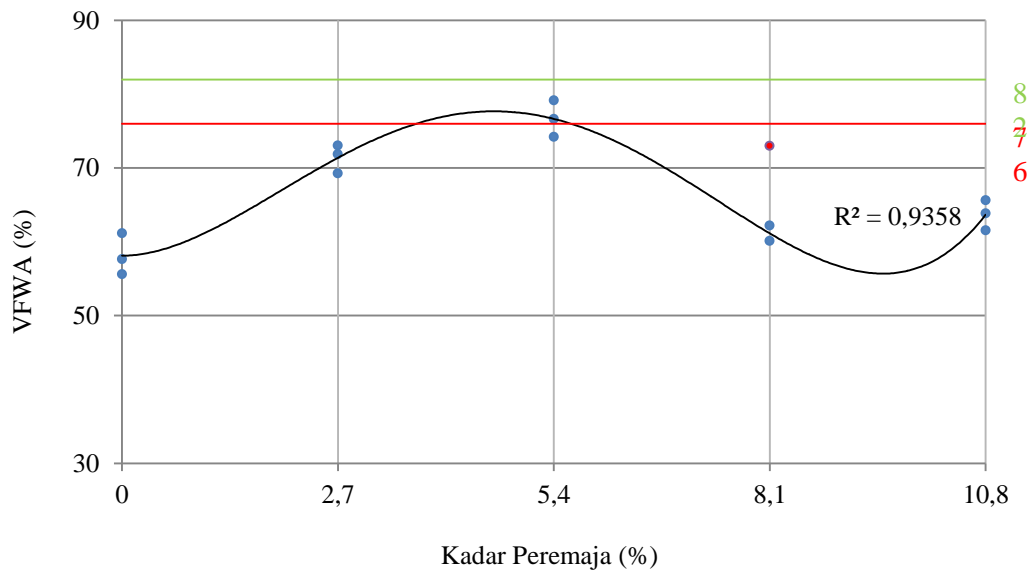
Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *VITM* dapat dilihat bahwa pada campuran *SMA* terhadap kadar peremaja minyak goreng bekas pada kadar 0 – 5,4% mengalami penurunan, kemudian mengalami kenaikan pada kadar 8,1 – 10,8%. Semakin banyak kadar peremaja maka semakin kecil nilai *VITM* dan pada kadar 5,4% merupakan nilai optimum *VITM*. Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa campuran dengan penambahan bahan peremaja minyak goreng menurunkan nilai *VITM*.

Hal ini disebabkan karena rongga antar butir agregat masih cukup besar sehingga memudahkan aspal untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran dan campuran menjadi padat.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $3,6 \times 10^{-5}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $3,6 \times 10^{-5} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *VITM*.

2. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Rongga Terisi Aspal (*VFWA*)

VFWA adalah rongga campuran yang dapat terisi aspal atau yang biasa disebut dengan selimut aspal. Nilai *VFWA* akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada campuran dikarenakan rongga dalam campuran yang terisi aspal akan semakin banyak. Semakin besar nilai *VFWA* maka selimut aspal semakin tebal yang berarti semakin kedap air dan udara dan campuran akan lebih awet dan lentur. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.7 dihalaman berikutnya.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai VFWA

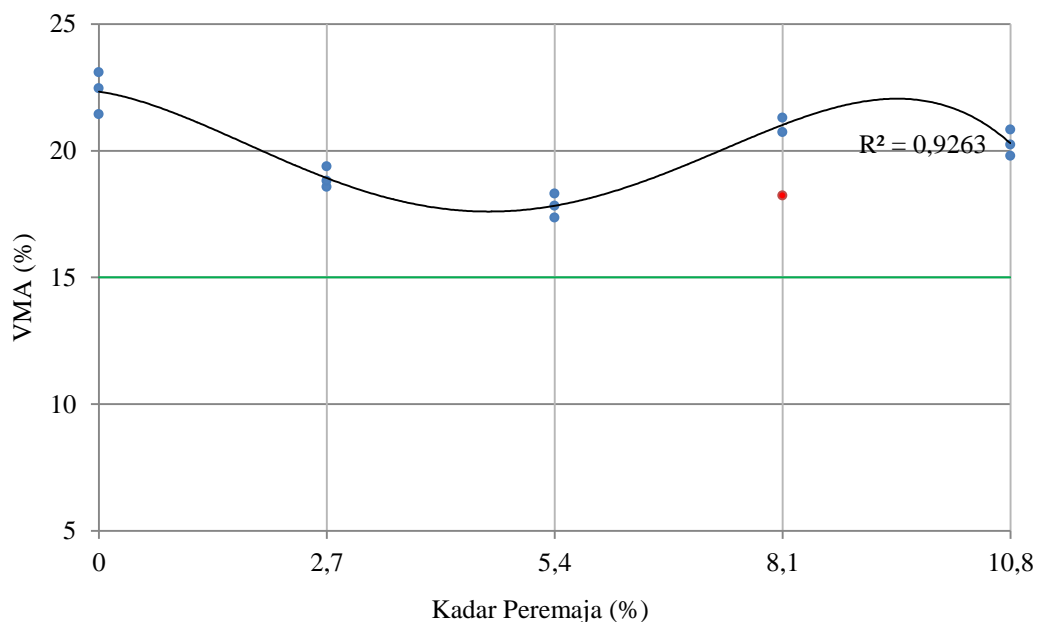
Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *VFWA* dapat dilihat bahwa semakin besar kadar peremaja maka nilai *VFWA* semakin besar dan titik optimum nilai *VFWA* terdapat pada kadar 5,4%. Pada kadar 8,1 – 10,8% mengalami penurunan. Penelitian ini sedikit berbeda dengan yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa campuran dengan penambahan bahan peremaja minyak goreng menurunkan nilai *VFWA* seiring bertambahnya kadar peremaja. Hal ini disebabkan karena rongga antar butir agregat masih cukup besar sehingga memudahkan aspal masuk kedalam rongga-rongga campuran dan menjadikan campuran tersebut menjadi padat akibat terisi aspal.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $2,2 \times 10^{-5}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $2,2 \times 10^{-5} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *VFWA*.

3. Pengaruh Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Rongga Antar Butir Agregat (*VMA*)

VMA adalah persentase banyaknya rongga antar butir agregat dalam campuran atau persentase rongga yang dapat terisi aspal dan udara. Nilai *VMA* pada umumnya mengalami penurunan sampai batas maksimum dan akan naik

berdasarkan naiknya kadar aspal. Jika nilai *VMA* terlalu kecil, maka akan menimbulkan masalah durabilitas, sehingga campuran menjadi kurang kedap air dan udara. Sebaliknya jika nilai *VMA* terlalu besar akan menimbulkan masalah stabilitas dan kurang ekonomis, dikarenakan rongga antar agregat terlalu besar sehingga *interlocking* agregat menjadi menurun. Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, dan proses pemadatan campuran. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VMA*

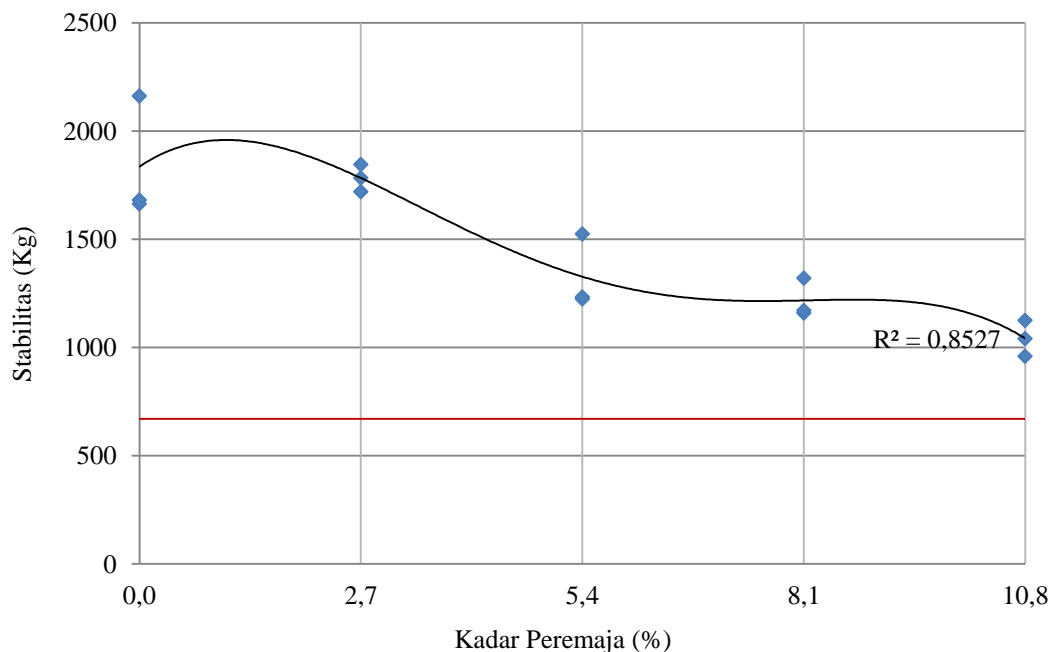
Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *VMA* dapat dilihat bahwa nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar peremaja dan titik maksimum terdapat pada kadar peremaja 5,4%, kemudian jika bertambahnya kadar peremaja nilai *VMA* mengalami kenaikan dari kadar 8,1-10,8%. Penelitian ini sedikit berbeda dengan yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa campuran dengan penambahan bahan peremaja minyak goreng menurunkan nilai *VMA*. Hal ini disebabkan karena aspal yang menyelimuti

agregat semakin tebal sehingga jarak antar agregat semakin jauh yang berakibat naiknya nilai *VMA*.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka 4×10^{-5} pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $4 \times 10^{-5} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *VMA*.

4. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Stabilitas

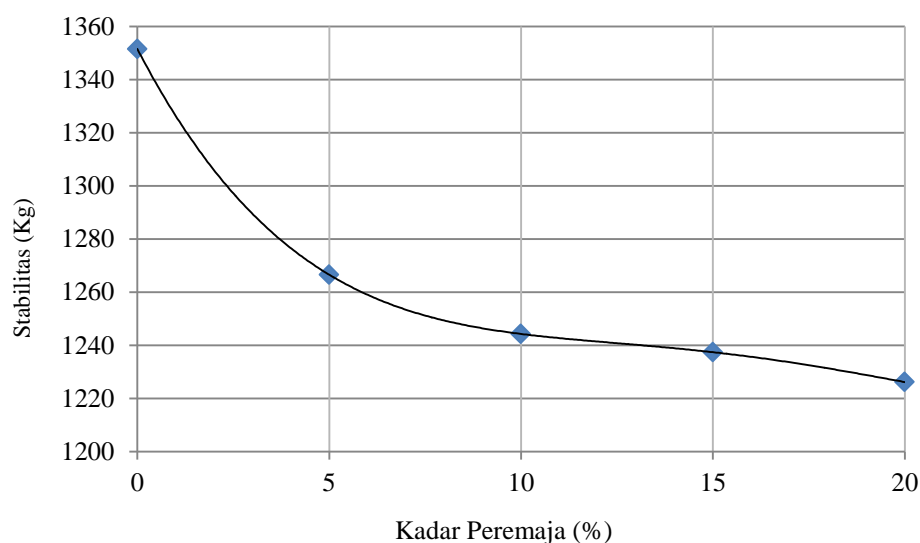
Nilai stabilitas campuran beton aspal dibentuk dari gesekan internal antar butiran agregat yang saling mengunci. Selain itu, kohesi atau gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.9 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai stabilitas dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka semakin

menurun stabilitasnya. Hal ini disebabkan karena material *RAP* yang ditambahkan minyak goreng bekas pakai menjadi melunak, sehingga menyebabkan *interlocking* antar butir agregat menurun. Berikut adalah perbandingan hasil stabilitas yang diteliti oleh Kasan (2009) dengan menggunakan peremaja minyak solar pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Solar Dengan Nilai Stabilitas *Marshall* Pada Campuran Aspal Daur Ulang

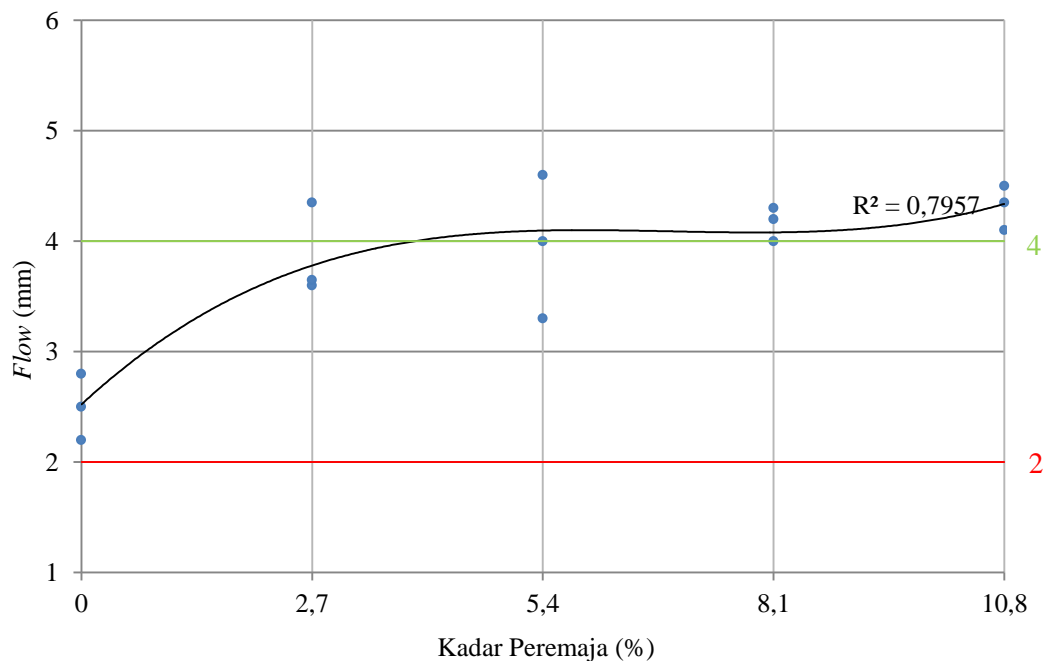
(Sumber: Kasan, 2009)

Berdasarkan hasil nilai stabilitas yang dilakukan oleh Kasan adalah semakin banyak kadar peremaja maka semakin menurun nilai stabilitas nya. Hal ini disebabkan karena berkurangnya gaya ikat (*interlocking*) antar agregat dan semakin kecilnya daya lekat aspal terhadap agregat.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $6,8 \times 10^{-4}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $6,8 \times 10^{-4} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai stabilitas.

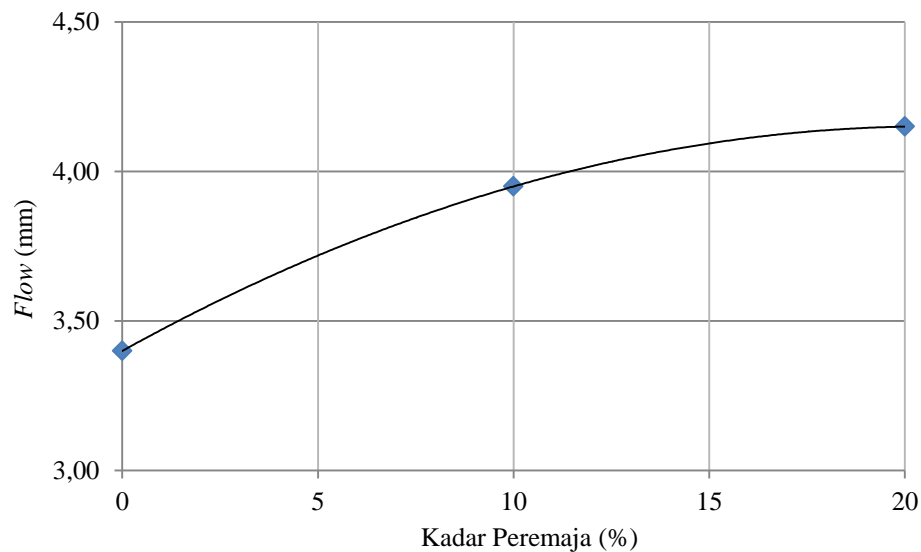
5. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Kelelehan (*Flow*)

Pada umumnya nilai kelelehan (*flow*) pada suatu campuran akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar peremaja minyak goreng bekas pakai. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *Flow* dapat dilihat pada Gambar 5.11 dilahaman selanjutnya.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Flow*

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *Flow* dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka nilai kelelehan (*flow*) akan semakin meningkat. Berikut adalah perbandingan hasil nilai kelelehan (*flow*) yang diteliti oleh Pradipta (2010) dengan menggunakan peremaja residu oli pada Gambar 5.12 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai *Flow*

(Sumber: Pradipta, 2010)

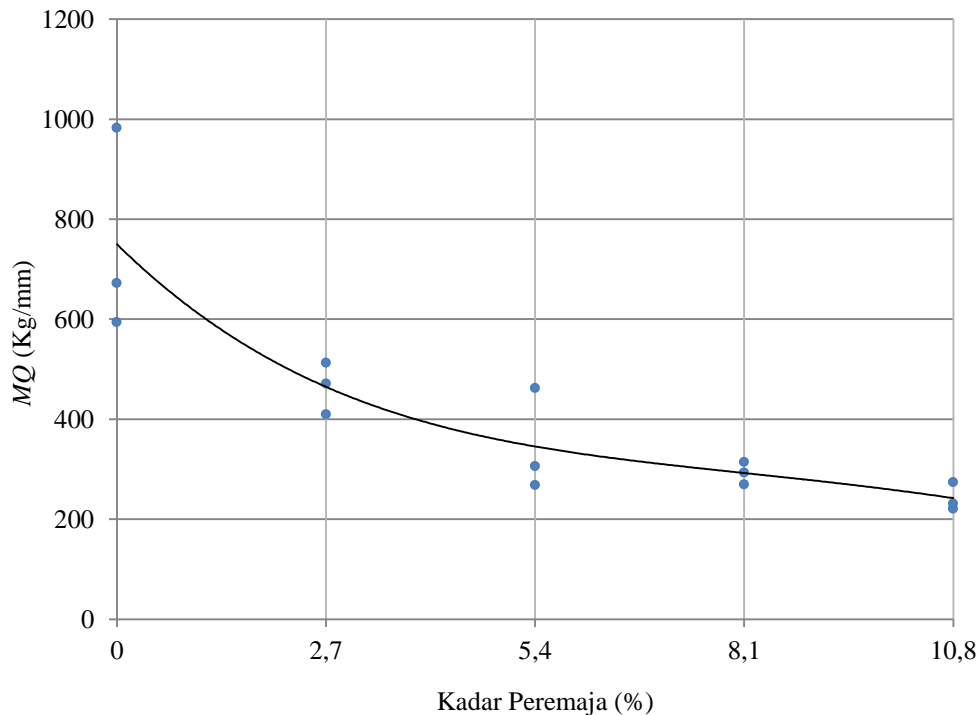
Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja residu oli dengan nilai flow yang dilakukan oleh Pradipta sejalan dengan penelitian yang dilakukan penulis. Hal ini disebabkan karena material *RAP* yang ditambahkan minyak goreng bekas pakai menjadi melunak sehingga kelelahan (*flow*) pada campuran aspal semakin meningkat.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $3,1 \times 10^{-3}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $3,1 \times 10^{-3} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *flow*.

6. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *MQ* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (*flow*) untuk menunjukkan tingkat fleksibilitas campuran aspal tersebut. Nilai *MQ* yang relatif tinggi menunjukkan campuran tersebut cenderung kaku dan kurang fleksibel saat menerima beban, sebaliknya jika nilai *MQ* yang relatif rendah menunjukkan campuran tersebut cenderung

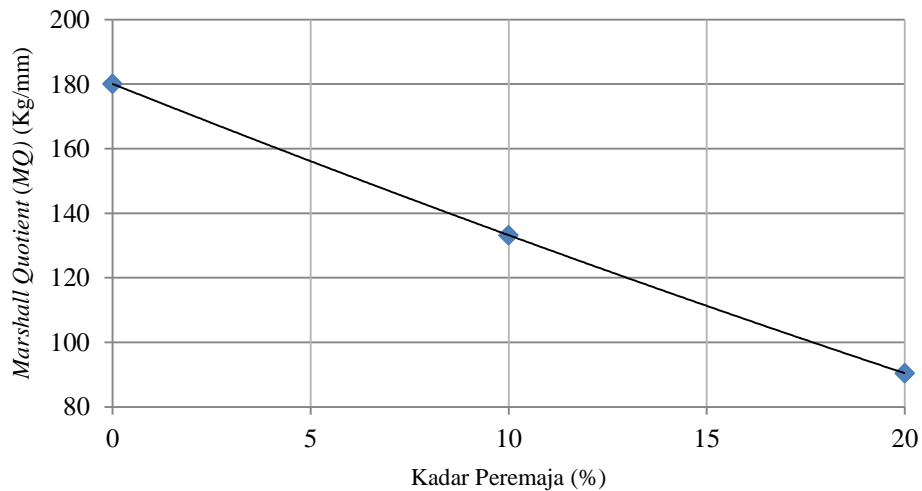
fleksibel dalam menerima beban. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai MQ

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai MQ dapat dilihat bahwa semakin bertambah kadar peremaja minyak goreng maka nilai MQ semakin menurun, sehingga pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* ini cenderung fleksibel dan lentur serta mudah mengalami deformasi saat menerima beban lalu lintas.

Penurunan nilai MQ yang diperoleh dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pradipta (2010), dimana nilai MQ pada campuran dengan bahan peremaja residu oli juga mengalami penurunan. Grafik nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 5.14 di halaman selanjutnya.



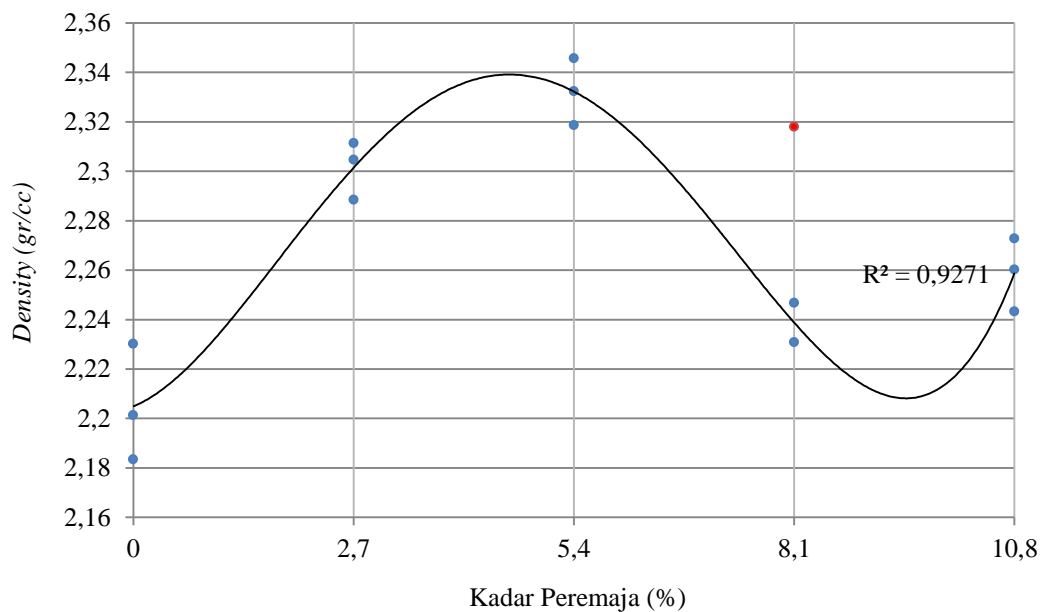
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Dengan Nilai *MQ*

(Sumber: Pradipta, 2010)

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $2,6 \times 10^{-3}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $2,6 \times 10^{-3} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *MQ*.

7. Pengaruh Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Nilai Kepadatan (*Density*)

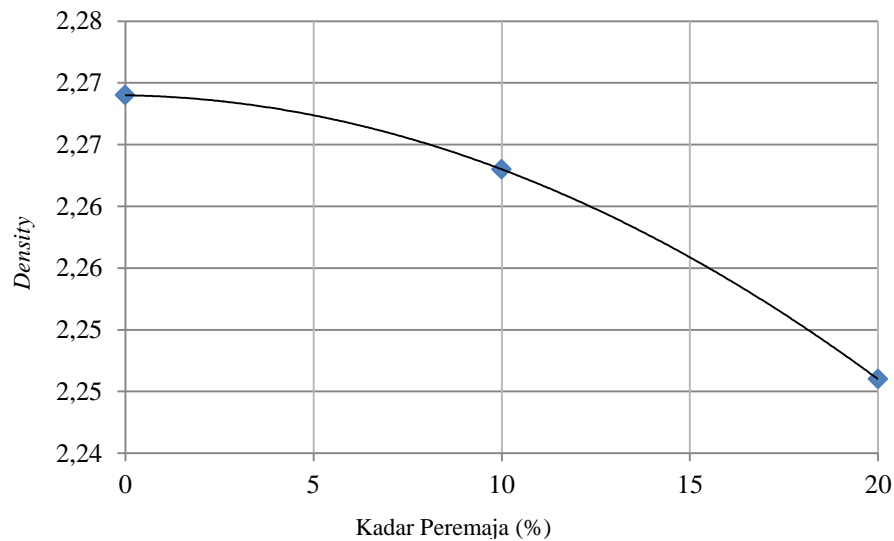
Nilai *Density* menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran setelah dilakukan proses pemadatan. Campuran dengan nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar disbanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* rendah. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.15 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Density*

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *density* dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar peremaja maka semakin meningkat juga nilai kepadatannya dan menunjukkan nilai *density* optimum pada kadar peremaja 5,4%, sehingga dengan kadar peremaja 5,4% kepadatan suatu campuran dapat digunakan karena dapat menahan beban lalu lintas yang besar.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pradipta (2010) terdapat perbedaan nilai *density* dengan penelitian penulis, dimana nilai *density* mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar peremaja. Grafik hubungan kedua nilai dapat dilihat pada Gambar 5.16 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Dengan Nilai *Density*

(Sumber: Pradipta, 2010)

Berdasarkan grafik hubungan nilai *density* pada penelitian Pradipta (2010) dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar peremaja maka nilai *density* semakin menurun. Perbedaan kedua penelitian ini terdapat pada kadar peremaja yang digunakan, dimana dengan penambahan *WCO* maka nilai *density* meningkat sedangkan dengan penambahan residu oli menyebabkan nilai *density* menurun.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $4,1 \times 10^{-5}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $4,1 \times 10^{-5} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *Density*.

5.4 Pengujian Karakteristik Index of Retained Strength (*IRS*)

5.4.1 Hasil Pengujian

Karakteristik pengujian *IRS* yang ditinjau adalah perbandingan stabilitas perendaman ½ jam dengan stabilitas perendaman 24 jam. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh air terhadap campuran aspal. Tingkat durabilitas

campuran yang semakin besar disebabkan oleh campuran agregat dengan indeks perendaman yang besar pula.

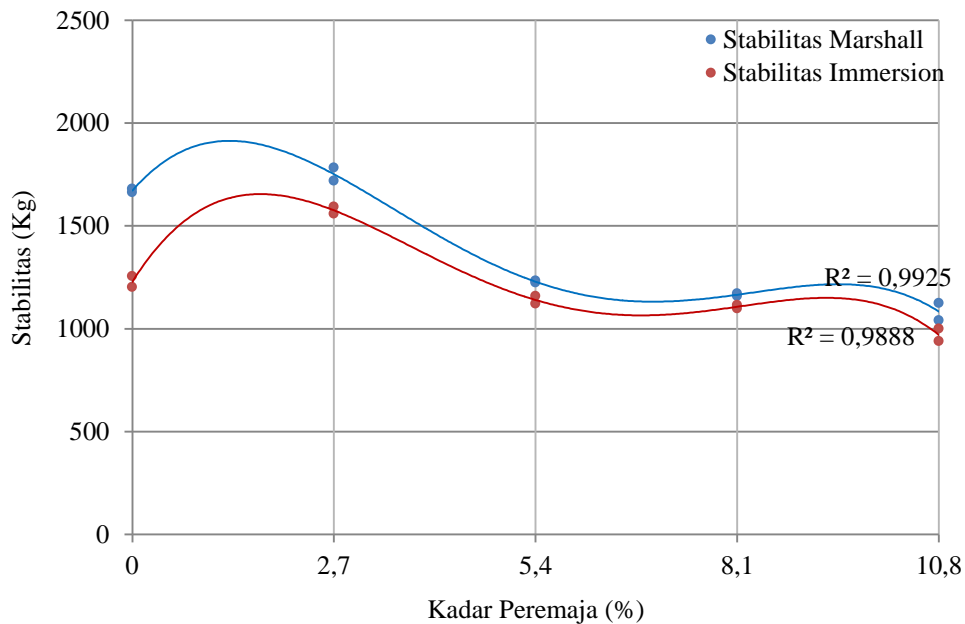
Hasil pengujian *IRS* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dapat dilihat pada rekapitulasi Tabel 5.16 dan hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)*

Jenis Aspal	Benda Uji	Kadar Peremaja (%)				
		0	2,7	5,4	8,1	10,8
<i>Marshall</i> Standar - Penetrasi 60/70	1	1663,05	1782,83	1224,52	1159,08	1124,81
	2	1681,29	1720,22	1233,24	1171,83	1041,33
	Rata-Rata	1672,17	1751,53	1228,88	1165,46	1083,07
<i>Immersion</i> - Penetrasi 60/70	1	1255,55	1592,80	1121,61	1097,76	999,65
	2	1202,06	1558,58	1158,60	1116,08	939,52
	Rata-Rata	1228,81	1575,69	1140,11	1106,92	969,58

5.4.2 Pembahasan

Hasil pengujian *IRS* yang ditinjau adalah nilai stabilitas perendaman selama 24 jam, kemudian dibandingkan dengan stabilitas *marshall* perendaman ½ jam. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan stabilitas perendaman dapat dilihat pada Gambar 5.17. dihalaman selanjutnya.



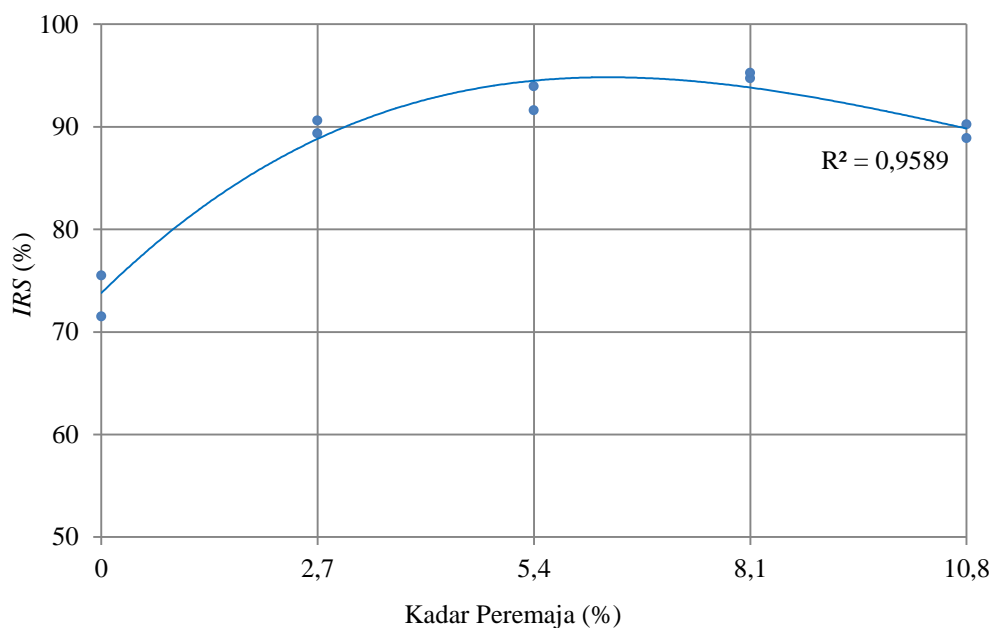
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng dengan nilai stabilitas perendaman dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nilai stabilitas antara stabilitas perendaman ½ jam dan perendaman 24 jam, dimana nilai stabilitas perendaman 24 jam cenderung lebih kecil dibanding nilai stabilitas perendaman ½ jam. Hal ini sejalan dengan penelitian Kasan (2009) bahwa nilai stabilitas dengan perendaman 24 jam memiliki nilai yang relatif kecil dibanding nilai stabilitas dengan perendaman ½ jam. Hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa perubahan temperatur menjadi lebih tinggi mengakibatkan campuran aspal menjadi lunak sehingga nilai stabilitas menurun.

Rekapitulasi hasil perbandingan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai indeks stabilitas sisa (*IRS*) dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *IRS* dapat dilihat pada Gambar 5.18 dihalaman selanjutnya.

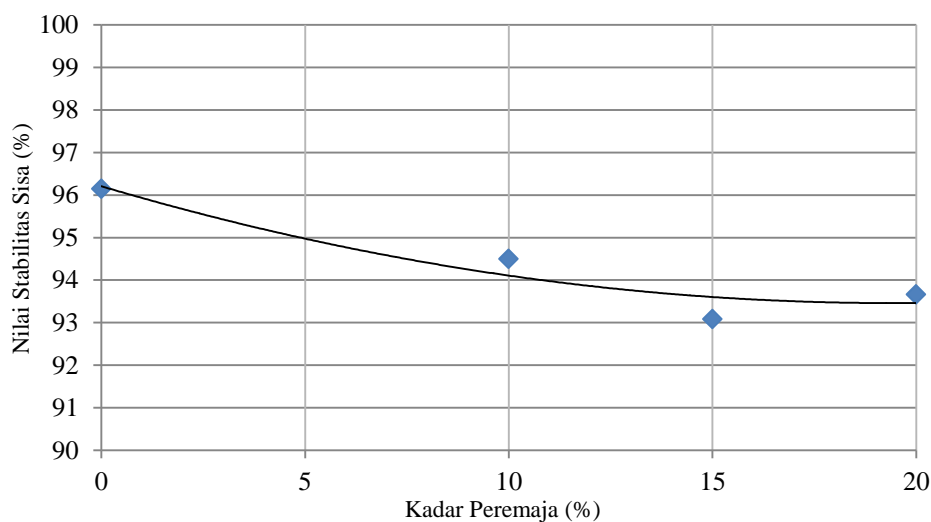
Tabel 5.17 Hasil Perbandingan Stabilitas Sisa (IRS)

Keterangan	Benda Uji	Kadar Peremaja (%)				
		0	2,7	5,4	8,1	10,8
IRS (%)	I	75,50	89,34	91,60	94,71	88,87
	II	71,50	90,60	93,95	95,24	90,22
	Rata-Rata	73,50	89,97	92,77	94,98	89,55

**Gambar 5.18 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai IRS**

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai IRS dapat dilihat bahwa semakin besar kadar peremaja minyak goreng bekas pakai, maka semakin besar pula indeks stabilitas sisa nya dan membuat campuran SMA tersebut menjadi tahan atau awet terhadap pengaruh air. Nilai IRS pada pengujian ini tidak memenuhi syarat Bina Marga 2010 yaitu > 90%, maka campuran *Split Mastic Asphalt* dengan penambahan bahan peremaja memiliki durabilitas yang cukup baik. Terdapat perberbedaan dengan penelitian Kasan (2009) bahwa penambahan kadar peremaja minyak solar menyebabkan nilai IRS menurun. Hal ini menyebabkan *interlocking* antar agregat menurun

seiring dengan bertambahnya kadar peremaja minyak solar. Grafik hubungan kedua nilai dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli dengan Nilai *IRS*

(Sumber: Kasan, 2009)

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $2,3 \times 10^{-4}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $2,3 \times 10^{-4} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *IRS*.

5.5 Pengujian Karakteristik Indirect Tensile Strength (*ITS*)

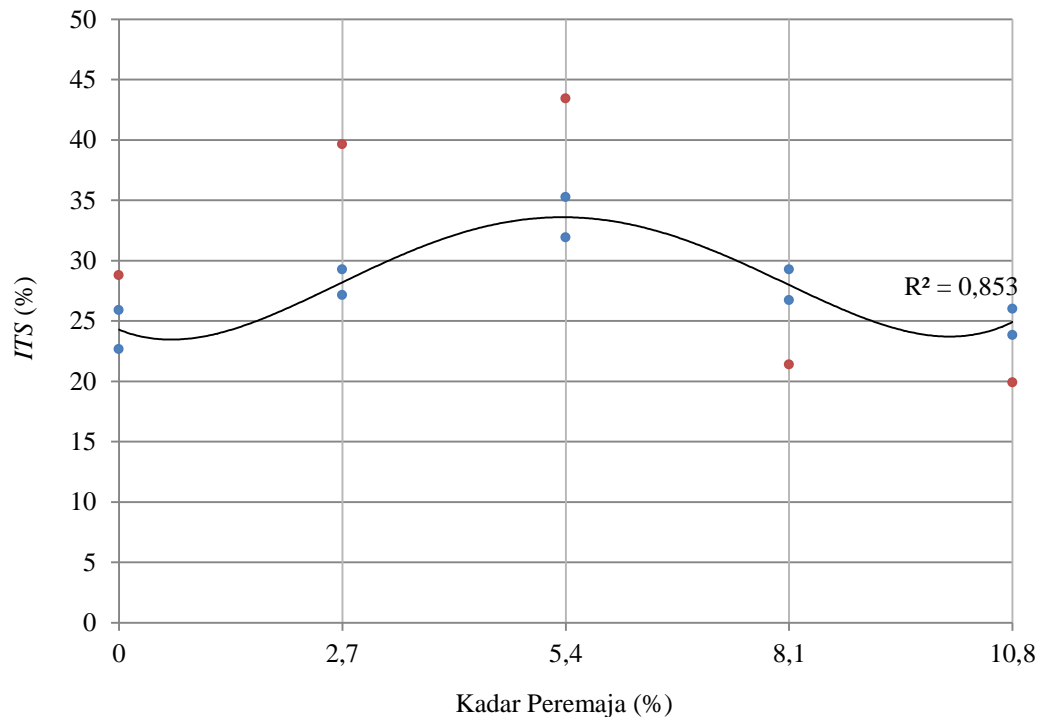
5.5.1 Hasil Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik dari campuran *SMA* dengan penambahan peremaja minyak goreng bekas pakai untuk material *RAP*. Hasil pengujian *ITS* dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan hasil pengujian selengkapny dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Kadar Peremaja (%)	ITS (Kg/cm ²)
0	28,789
	25,905
	22,654
2,7	39,632
	27,136
	29,273
5,4	35,267
	31,928
	43,437
8,1	21,373
	29,261
	26,704
10,8	23,822
	26,007
	19,901

Setelah mendapatkan nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* maka diplot grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *ITS* yang dapat dilihat pada Gambar 5.20 dihalaman selanjutnya.

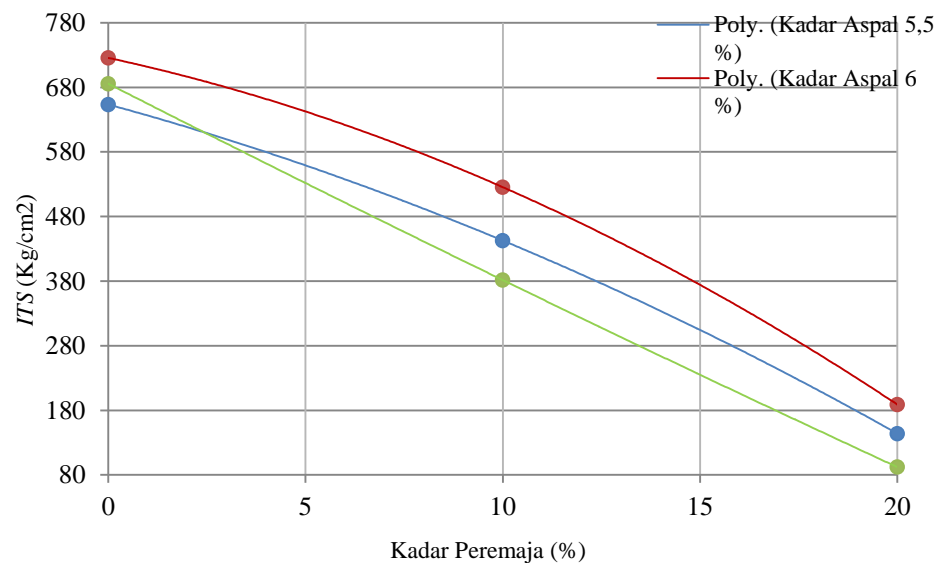


Gambar 5.20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai ITS

5.5.2 Pembahasan

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *ITS* dapat dilihat bahwa pada kadar peremaja 0% - 5,4% mengalami kenaikan, sedangkan pada kadar 8,1% - 10,8% mengalami penurunan. Semakin banyak kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka semakin besar pula nilai *ITS* dan mencapai titik optimum nilai *ITS* yaitu pada kadar peremaja 5,4% dengan nilai *ITS* sebesar 33,60 Kg/cm². Pada kadar peremaja 5,4% dapat diartikan bahwa campuran dengan material *RAP* dan campuran baru dapat menahan kuat tarik yang besar hingga mencapai optimum 33,60 Kg/cm².

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pradipta (2010) terdapat perbedaan dengan penelitian penulis, dimana semakin banyak kadar peremaja residu oli maka semakin menurun nilai *ITS* pada campuran tersebut. Grafik hubungan kedua nilai dapat dilihat pada Gambar 5.21 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Dengan Nilai *ITS*

(Sumber: Pradipta, 2010)

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka 0,026 pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $0,026 < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *ITS*.

5.6 Pengujian Karakteristik *Cantabro*

5.6.1 Hasil Pengujian

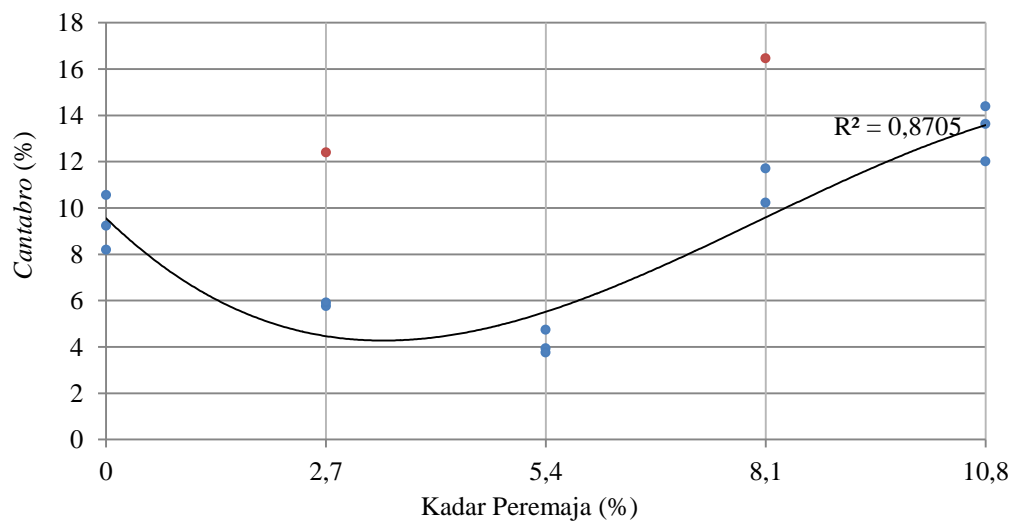
Hasil pengujian campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* pada kadar peremaja dengan pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian *Cantabro*

Kadar Peremaja (%)	Kehilangan Berat (%)	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
	L	
0	10,56	9,33
	9,23	
	8,19	
2,7	5,77	8,03
	12,40	
	5,92	
5,4	4,73	4,14
	3,94	
	3,75	
8,1	16,46	12,80
	10,22	
	11,71	
10,8	12,01	13,35
	13,63	
	14,39	

5.6.2 Pembahasan

Pengujian *Cantabro* bertujuan untuk mengetahui ketahanan campuran SMA terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.

**Gambar 5.22 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro***

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai *cantabro* dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka nilai *cantabro* semakin menurun pada kadar 5,4% dan naik pada kadar peremaja 8,1% - 10,8%. Hal ini menandakan material *RAP* yang dicampurkan peremaja minyak goreng bekas pakai memiliki tingkat keausan yang baik hingga kadar peremaja 5,4% dengan nilai *cantabro* sebesar 4,14%. Semakin kecil nilai *cantabro* maka ketahanan campuran suatu perkerasan akan lebih bagus terhadap beban lalu lintas.

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka $2,1 \times 10^{-5}$ pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $2,1 \times 10^{-5} < 0,05$ (signifikan) sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* berpengaruh terhadap nilai *Cantabro*.

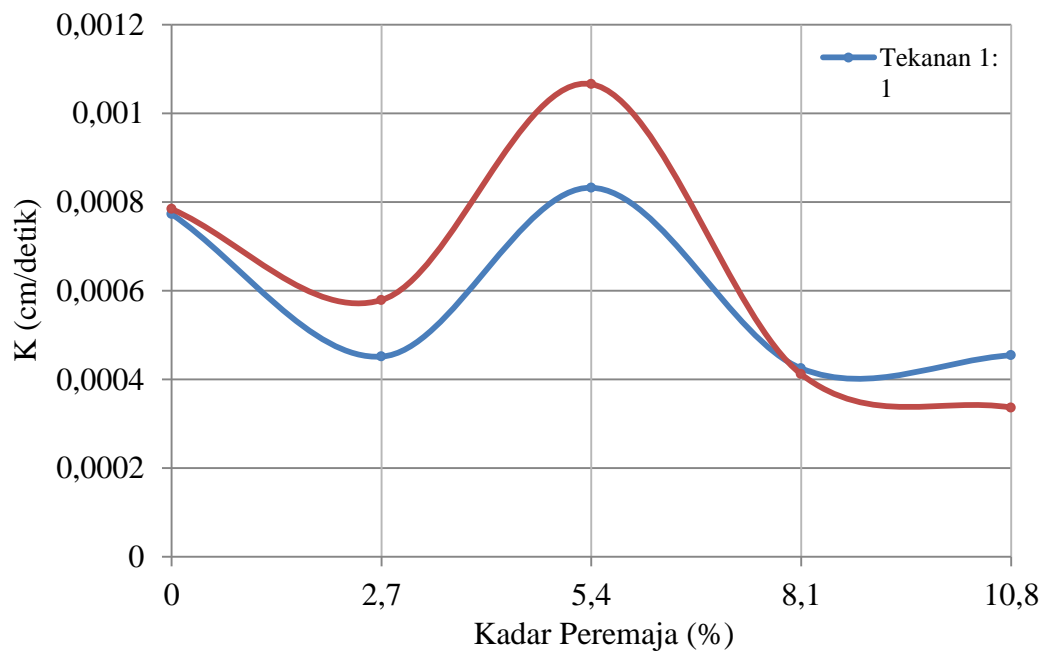
5.7 Pengujian Karakteristik Permeabilitas

5.7.1 Hasil Pengujian

Permeabilitas adalah salah satu parameter untuk mengukur kemampuan perkerasan aspal dalam menahan rembesan air yang dapat merusak lapisan perkerasan aspal. Air dan udara yang masuk ke dalam lapis perkerasan akan mempengaruhi tingkat durabilitas dari perkerasan tersebut. Pengujian permeabilitas ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta menggunakan alat bertekanan nitrogen dengan tekanan 1:1 sebesar 1 Kg/cm^2 dan tekanan 2:2 sebesar 2 Kg/cm^2 . Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.20 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian Permeabilitas

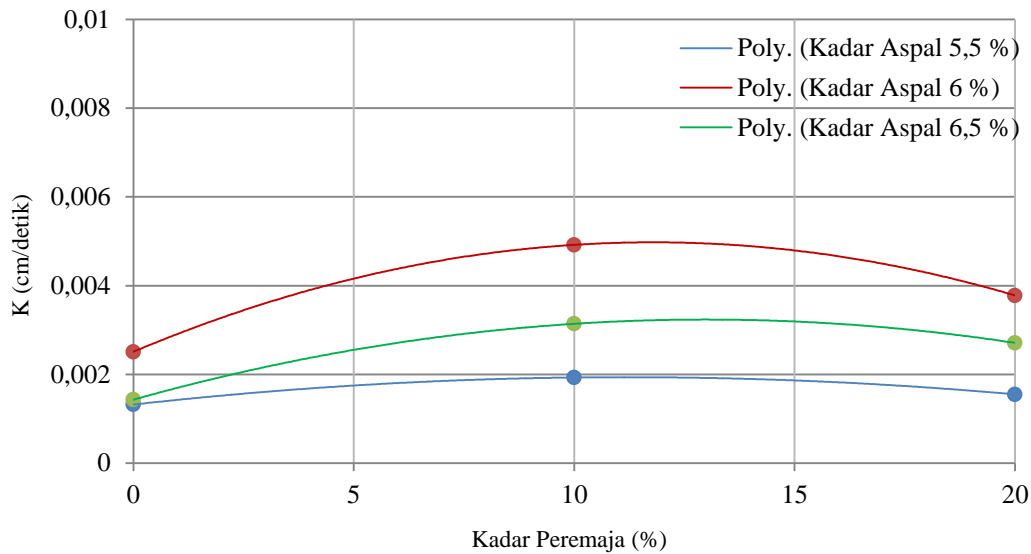
Kadar Peremaja (%)	Sampel	K (Tekanan 1 : 1)	K (Tekanan 2 : 2)
0	P1	0,000660	0,000890
	P2	0,000773	0,000784
Rata-rata		0,000773	0,000784
2,7	P1	0,000451	0,000579
	P2	0,000499	0,000954
Rata-rata		0,000451	0,000579
5,4	P1	0,000805	0,001107
	P2	0,000859	0,001024
Rata-rata		0,000832	0,001066
8,1	P1	0,000477	0,000921
	P2	0,000425	0,000412
Rata-rata		0,000425	0,000412
10,8	P1	0,000891	0,000922
	P2	0,000454	0,000336
Rata-rata		0,000454	0,000336

**Gambar 5.23 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Permeabilitas**

5.7.2 Pembahasan

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan nilai permeabilitas dapat dilihat pada campuran SMA 0/11 dari semua kadar peremaja mempunyai nilai permeabilitas kecil, sehingga bersifat drainase jelek. Semakin kecil nilai permeabilitas suatu lapis perkerasan aspal, maka tingkat durabilitas pada perkerasan aspal akan semakin baik. Grafik hubungan di atas menunjukkan nilai permeabilitas semakin meningkat dari kadar peremaja 2,7% - 5,4%, hal ini berkaitan dengan pengaruh minyak goreng bekas pakai yang ditambahkan ke material *RAP* sehingga membuat material *RAP* tersebut menjadi lunak dan rongga pada campuran pun menjadi besar.

Pada pengujian *Marshall*, nilai *VITM* sedikit berbeda dengan hasil pengujian permeabilitas. Pada kadar peremaja 2,7%, hasil permeabilitas dan nilai *VITM* menunjukkan penurunan, yang berarti jumlah void berkurang. Selanjutnya pada kadar peremaja 5,4%, hasil permeabilitas meningkat kemudian turun kembali, namun berbeda dengan nilai *VITM* yang meningkat pada kadar peremaja 5,4% - 10,8% tanpa terjadi penurunan. Perbedaan hasil dari dua pengujian ini dapat disebabkan karena terjadi segregasi agregat pada saat proses pemadatan. Hasil penelitian ini sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Pradipta (2010) yaitu penambahan residu oli untuk material *RAP* terhadap campuran *AC* (*Asphalt Concrete*) dengan menunjukkan nilai kedapapan yang baik (*Practically Imprevious*). Grafik hubungan nilai permeabilitas yang dilakukan oleh Pradipta (2010) dapat dilihat pada Gambar 5.24 dihalaman selanjutnya.



Gambar 5.24 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Dengan Nilai Permeabilitas

(Sumber: Pradipta, 2010)

Permasalahan yang timbul apabila air masuk ke dalam campuran aspal beton adalah perkerasan akan sangat peka terhadap kerusakan struktural dan pergerakan udara di dalam lapis perkerasan sehingga memiliki nilai durabilitas yang rendah. Pada material agregat mempunyai daya tarik menarik yang besar dengan air dibanding aspal, sehingga butir agregat mudah terlepas dan membentuk lubang. Susanto, dkk (2014).

Nilai signifikansi analisis *One Way ANOVA* menunjukkan angka 0,17 dan 0,58 pada tingkat signifikansi 0,05. Maka diperoleh signifikansi $0,17 > 0,05$ (tidak signifikan) pada tekanan 1 : 1 dan signifikansi $0,58 > 0,05$ (tidak signifikan) pada tekanan 2 : 2, sehingga ditarik kesimpulan kadar peremaja minyak goreng pada campuran *Split Mastic Asphalt* tidak berpengaruh terhadap nilai Permeabilitas.

5.8 Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Karakteristik Campuran SMA

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan dari berbagai pengujian yang diperoleh sesuai dengan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai yang dipakai. Penggunaan variasi kadar peremaja minyak goreng

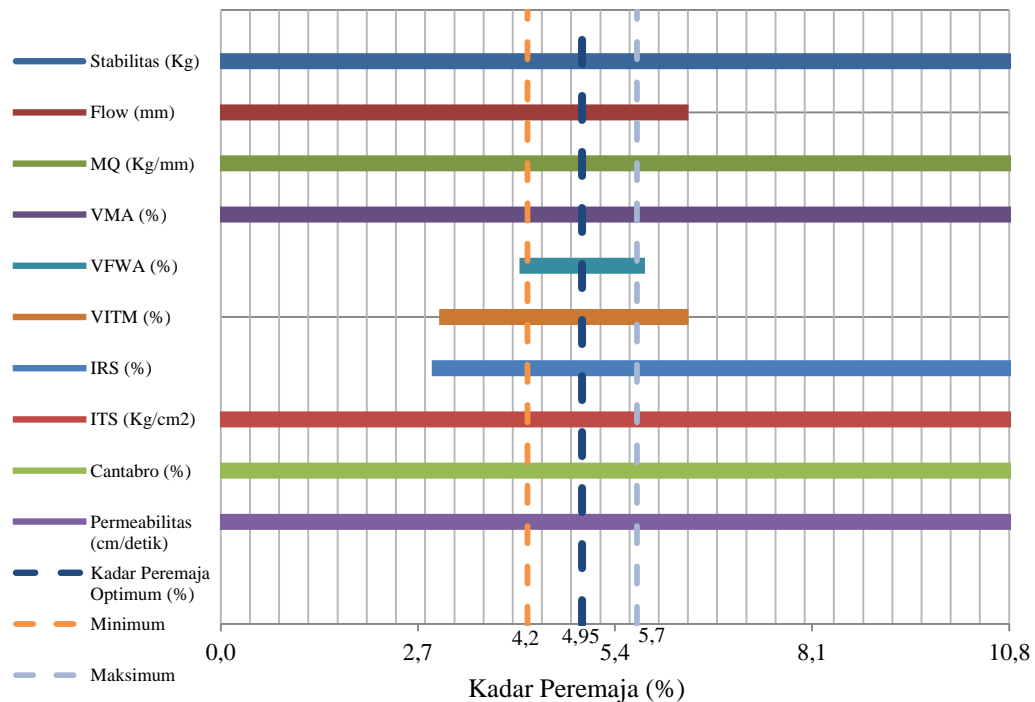
bekas pakai yaitu 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8% memiliki kecenderungan peningkatan terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA). Hasil pengujian karakteristik campuran SMA 0/11 yang dirangkum dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Rangkuman Hasil Pengujian Campuran SMA 0/11

Parameter	Kesimpulan
Stabilitas	Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai menurunkan nilai stabilitas pada campuran RAP-aspal baru mulai dari kadar 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8%. Pada hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai stabilitas.
<i>Flow</i>	Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai meningkatkan nilai <i>flow</i> pada campuran RAP-aspal baru mulai dari kadar 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>flow</i> .
<i>MQ</i>	Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai menurunkan nilai <i>MQ</i> pada campuran RAP-aspal baru mulai dari kadar 0%, 2,7%, 5,4%, 8,1%, dan 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>MQ</i> .
<i>VITM</i>	Nilai <i>VITM</i> mengalami penurunan sebesar 4,17% pada kadar peremaja 5,4% kemudian meningkat hingga 7,38% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>VITM</i> .
<i>VFWA</i>	Nilai <i>VFWA</i> mengalami peningkatan sebesar 76,66% pada kadar peremaja 5,4% kemudian mengalami penurunan hingga 63,66% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>VFWA</i> .
<i>VMA</i>	Nilai <i>VMA</i> mengalami penurunan sebesar 17,83% pada kadar peremaja 5,4% kemudian meningkat hingga 20,29% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>VMA</i> .

Lanjutan Tabel 5.21 Rangkuman Hasil Pengujian Campuran SMA 0/11

Parameter	Kesimpulan
<i>Density</i>	Nilai <i>density</i> meningkat sebesar 2,332% pada kadar peremaja 5,4% kemudian mengalami penurunan sebesar 2,259% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>density</i> .
<i>IRS</i>	Nilai <i>Index of Retained Strength (ITS)</i> mengalami peningkatan seiring penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai sebesar 94,98% pada kadar 8,1% sehingga memenuhi standar Bina Marga 2010 untuk nilai <i>IRS</i> yaitu > 90% dan mengalami penurunan hingga 89,55% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>IRS</i> .
<i>ITS</i>	Nilai <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> mengalami peningkatan sebesar 33,60% pada kadar peremaja 5,4% kemudian mengalami penurunan hingga 24,91% pada kadar peremaja 10,8%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>ITS</i> .
<i>Cantabro</i>	Nilai <i>Cantabro</i> mengalami penurunan dari kadar peremaja 0% - 5,4% yaitu 4,14% kemudian meningkat hingga kadar 10,8% sebesar 13,35%. Pada analisis statistik menunjukkan perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai <i>Cantabro</i> .
Permeabilitas	Nilai Permeabilitas pada campuran SMA 0/11 dengan penambahan peremaja minyak goreng bekas pakai mengalami penurunan dari kadar 0%-2,7%, kemudian mengalami peningkatan hingga mencapai nilai optimum pada kadar peremaja 5,4%. Nilai kedap air terhadap air pada campuran SMA 0/11 dengan penambahan peremaja minyak goreng bekas pakai termasuk kedalam kategori drainase jelek karena campuran SMA merupakan campuran dengan gradasi senjang sehingga memudahkan air untuk masuk kedalam rongga campuran. Pada analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan secara signifikan antara kadar peremaja dengan nilai Permeabilitas.



Gambar 5.25 Grafik Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Optimum

Pengaruh penambahan minyak goreng bekas pakai pada campuran *RAP*-aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* cenderung mengalami peningkatan ditinjau dari beberapa hasil pengujian. Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dengan karakteristik campuran *SMA 0/11* diperoleh *range* nilai kadar peremaja minyak goreng bekas pakai yang memenuhi pengujian karakteristik campuran *SMA* adalah 4,2% hingga 5,7% dengan kadar peremaja optimum sebesar 4,95%. Maka untuk penambahan minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran *RAP*-aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* yang direkomendasikan adalah kadar peremaja pada rentang 4,2% hingga 5,7% dengan kadar peremaja optimum sebesar 4,95% terhadap berat aspal pada material *RAP*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari pengaruh minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran *RAP*-aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja cenderung terjadi penurunan terhadap nilai stabilitas, *MQ*, *VITM*, dan *VMA* pada campuran *SMA* 0/11. Pada nilai *VITM* terjadi peningkatan dari kadar 5,4% hingga 8,1% sebesar 2,92%. Nilai *VMA* mengalami peningkatan dari kadar 5,4% sampai 10,8% sebesar 2,46%. Nilai *flow* mengalami peningkatan seiring penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai dari 0% hingga 10,8% yaitu 4,32%. Nilai *VFWA* mengalami penurunan dari kadar peremaja 0% hingga 5,4% sebesar 4,51% kemudian meningkat hingga kadar 10,8% sebesar 2,46%. Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai memiliki kekuatan yang semakin baik dari kadar 2,7% hingga 5,4%, namun dapat terjadi deformasi pada campuran jika kadar peremaja berlebih.
2. Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 terhadap nilai permeabilitas mengalami penurunan dari kadar peremaja 0% hingga 2,7% yaitu $4,51 \times 10^{-4}$ cm/detik kemudian meningkat hingga kadar 5,4% sebesar $3,81 \times 10^{-4}$ cm/detik. Pada klasifikasi campuran aspal berdasarkan nilai permeabilitas diperoleh kesimpulan bahwa nilai permeabilitas yang didapatkan dari hasil perhitungan termasuk ke dalam kategori drainase jelek. Penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 termasuk ke dalam kategori drainase jelek dimana campuran tersebut cukup kedap terhadap air.

3. Nilai *IRS* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 memiliki syarat sesuai standar Bina Marga Tahun 2010 yaitu minimum 90%. Pada penelitian ini hasil pengujian *Index of Retained Strength (IRS)* mengalami peningkatan dari kadar 0% hingga 8,1% sebesar 21,48% yaitu pada angka 94,98% kemudian mengalami penurunan pada kadar peremaja 10,8% yaitu 89,55%. Berdasarkan standar Bina Marga Tahun 2010 nilai *IRS* pada penelitian ini yang memenuhi adalah kadar peremaja 5,4%, dan 8,1%, sedangkan kadar 0%, 2,7% dan 10,8% tidak memenuhi syarat yaitu dibawah 90%. Penambahan variasi kadar peremaja minyak goreng bekas pakai pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *SMA* 0/11 memiliki ketahanan terhadap pengaruh cuaca dan beban lalu lintas dibanding campuran *RAP*-aspal baru tanpa bahan peremaja.
4. Pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dengan penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai memiliki nilai kuat tarik tidak langsung atau *Indirect Tensile Strength (ITS)* cenderung meningkat. Pada kadar peremaja 0% hingga 5,4% nilai *ITS* meningkat yaitu dengan nilai 33,60 Kg/cm² kemudian menurun hingga kadar 10,8% dengan nilai 24,91%. Semakin tinggi nilai *ITS* maka ketahanan perkerasan terhadap beban lalu lintas semakin bagus. Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *ITS* disimpulkan bahwa penambahan variasi kadar peremaja pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *SMA* 0/11 memiliki ketahanan yang baik jika ditambah kadar peremaja 2,7% - 5,4%.
5. Nilai *Cantabro* pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dengan penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai mengalami penurunan dari kadar 0% hingga 5,4% sebesar 5,19%, kemudian meningkat hingga kadar peremaja 10,8% sebesar 9,21%. Berdasarkan standar Bina Marga 2010 untuk syarat kehilangan berat adalah $\leq 20\%$, sehingga campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *SMA* 0/11 dengan penambahan kadar peremaja minyak goreng bekas pakai memenuhi spesifikasi.
6. Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja dengan karakteristik campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *SMA* 0/11 dapat disimpulkan bahwa

penambahan minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja *RAP* berpengaruh terhadap karakteristik campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dengan kadar peremaja yang disarankan adalah pada rentang 4,2% hingga 5,7% dengan kadar peremaja optimum sebesar 4,95% terhadap berat aspal pada material *RAP*.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut.

1. Pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* yang menggunakan minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja *RAP* direkomendasikan menggunakan kadar peremaja sebesar 4,2% hingga 5,7% dengan kadar peremaja optimum sebesar 4,95% untuk menghasilkan campuran yang stabil dan tidak getas jika menerima beban.
2. Pada penelitian ini mengabaikan sifat kimiawi pada kandungan minyak goreng bekas pakai dan serat alami dedak padi, maka penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian mengenai sifat kimiawi yang terkandung pada minyak goreng bekas pakai dan serat alami dedak padi untuk mengetahui pengaruh minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran *RAP*-aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.
3. Penelitian mengenai *Recycling Asphalt* perlu dilakukan lebih lanjut dengan menggunakan bahan peremaja dan jenis campuran lainnya agar menghasilkan campuran perkerasan yang baik terhadap penerapan dilapangan.
4. Penelitian selanjutnya agar dapat melakukan pengujian terhadap karakteristik aspal campuran (aspal pen 60/70, aspal *RAP* yang ditambahkan bahan peremaja).

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Umum*, Edisi 2010 (Rev.3).
- Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Sunarjono, S. dan Samantha, R., 2012, Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran *SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11* Menggunakan system Pengujian *Indirect Tensile Strength*, *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, Surakarta.
- Tahir, A., 2011, Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi, *Penelitian Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil*, Universitas Tadulako, Palu.
- Sulistia, A., 2017, Pengembangan Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* Menggunakan Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Dengan Serat Selulosa Alami Dedak Padi, *Penelitian Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Mustofa, H., 2016, Pengembangan Campuran Bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* Menggunakan Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* dan Limbah Arang Batubara, *Penelitian Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kasan, 2009, Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang, *Majalah Ilmiah Mektek*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu.
- Sari, A.P, Wahyudi, M., Widianty, D., 2015, Analisa Pengaruh Penambahan Bahan Peremaja Sulfur Terhadap Sifat Fisik Aspal Daur Ulang, *Spektrum Sipil ISSN*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram, Mataram.
- Pratiwi, W., Noviasuti, T.G., Djakfar, L., Bowoputro, H., Pengaruh Asbuton Terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang Dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar, *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Brawijaya, Malang.

Nono, 2016, Pengaruh Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur Ulang Perkerasan Beraspal, *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*, Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal



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



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

PEMERIKSAAN PENETERASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina,
 Tanggal Uji : 20 Agustus 2018

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	12.30

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	61	61		
2.	61	60		
3.	64	60		
4.	60	62		
5.	62	64		
Rata2	61,6	61,4		

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 20 Agustus 2018
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 2. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal



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



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

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina,
Tanggal Uji : 21 Agustus 2018

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	13:00
	Selesai	170 °C	13.15
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	25 °C	13.15
	Selesai	25 °C	13.50
3.	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	13.50
	Selesai	25 °C	14.34

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Benda Uji 1	97%	Memenuhi
2.	Benda Uji 2	98%	Memenuhi
3.	Rata-Rata	97,5%	Memenuhi

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 21 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfatihli)

Lampiran 3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina,
Tanggal Uji : 22 Agustus 2018

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai		13.00
	Selesai		13.10
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	25 °C	13.10
	Selesai	25 °C	13.45
3.	Diperiksa		
	Mulai	5 °C	13.45
	Selesai	50 °C	13:57

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				
2.	10 °C	106	106		
3.	15 °C	200	200		
4.	20 °C	304	304		
5.	25 °C	380	380		
6.	30 °C	468	468		
7.	35 °C	563	563		
8.	40 °C	660	660		
9.	45 °C	769	769		
10.	50 °C	820	812	49	49

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 22 Agustus 2018

Peneliti,

(Muhammad Alfatihli)

Lampiran 4. Pemeriksaan Daktilitas

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

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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina,
Tanggal Uji : 22 Agustus 2018

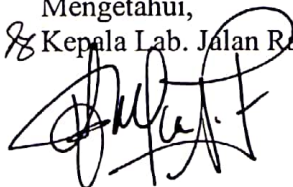
PERSIAPAN PEMERIKSAAN

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 $\pm 28^{\circ}\text{C}$
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 PENGAMATAN

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

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII



(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 22 Agustus 2018
Peneliti,



(Muhammad Alfathli)

Lampiran 5. Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & TITIK BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina,
 Tanggal Uji : 23 Agustus 2018

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji	Mulai	27°C
		Selesai	130°C
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang	Mulai	130°C
		Selesai	27°C
3.	Diperiksa	Mulai	27°C
		Selesai	285°C

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1.	Benda Uji 1	275°C	285°C

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 23 Agustus 2018
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 6. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4



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



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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina,
Tanggal Uji : 20 Agustus 2018

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1.	Penimbangan	Mulai	10.30	27
2.	Pelarutan	Mulai	10.40	27
3.	Penyaringan	Mulai	10.43	27
		Selesai	10.55	27
4.	Di Oven	Mulai	10.55	110
5.	Penimbangan	Selesai	11.16	27

HASIL PENGAMATAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1.	Berat Erlen Mayer Kosong	68,87	73,19
2.	Berat Erlen Mayer Kosong + Aspal	70,02	74,45
3.	Berat Aspal (2-1)	1,15	1,26
4.	Berat Kertas Saring Bersih	0,59	0,6
5.	Berat Kertas Saring Bersih + Mineral	0,6	0,61
6.	Berat Mineral(5-4)	0,01	0,01
7.	Persentase Mineral (6/3 X 100%)	0,87	0,79
8.	Aspal Yang Larut (100%-7)	99,13	99,21
9.	Rata-Rata Aspal Yang Larut (100%)	99,17	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 20 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfatihli)

Lampiran 7. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
 Sumber : Pertamina,
 Tanggal Uji : 23 Agustus 2018

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Picnometer Kosong (gr)	12,68	12,49
2.	Berat Picnometer + Aquadest (gr)	25,20	24,75
3.	Berat Aquadest (gr)	12,52	12,26
4.	Berat Picnometer + Aspal (gr)	13,01	12,82
5.	Berat Aspal (gr)	0,33	0,33
6.	Berat Picnometer + Aspal + Aquadest (gr)	25,23	24,77
7.	Berat Aquadest (gr)	12,22	11,95
8.	Volume Aspal (gr)	0,30	0,31
9.	Berat Jenis Aspal	1,10	1,06
10.	Rata-Rata BJ Aspal	1,08	

Mengetahui,
 & Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 23 Agustus 2018
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 24 Agustus 2018

No.	Keterangan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Jenuh (BJ)	1599,23	1598,78
2.	Berat benda uji alam air (BA)	1000	1000
3.	Berat benda uji kering oven (BK)	1572,12	1570,12
4.	Berat Jenis (Bulk)	2,62	2,62
5.	Berat Jenis (SSD)	2,67	2,67
6.	Berat Jenis (Semu)	2,75	2,75
7.	Penyerapan Air	1,72	1,83
Berat Jenis Rata-Rata		2,69	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 24 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 24 Agustus 2018

No.	Keterangan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Jenuh (BJ)	500	500
2.	Berat Picnometer + Air (B)	678,35	659,64
3.	Berat Picnometer + Air + Benda Uji (BT)	995,78	974,25
4.	Berat Benda Uji Kering (BK)	488,21	488,83
5.	Berat Jenis (Bulk)	2,67	2,64
6.	Berat Jenis (SSD)	2,74	2,70
7.	Berat Jenis (Semu)	2,86	2,81
8.	Penyerapan Air	2,41	2,29
Berat Jenis Rata-Rata		2,74	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 24 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 10. Pemeriksaan *Sand Equivalent*

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



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

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 24 Agustus 2018

No.	Keterangan		Benda Uji	
			1	2
1.	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl ₂ (\pm 10.1 menit)	Mulai	13:22	13:22
		Selesai	13:32	13:32
2.	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	13:32	13:32
		Selesai	14:00	14:00
3.	Clay reading (inch)		4	3,8
4.	Sand reading		3,7	3,6
5.	Sand equivalen ((sand reading/clay reading)*100)		92,500	93,421

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 24 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 11. Pemeriksaan Keausan Agregat



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



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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Sumber : Clereng, Kulonprogo
 Tanggal Uji : 27 Agustus 2018

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")		
7.	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500	2500
8.	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")	2500	2500
9.	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (No.4)		
10.	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)		
11.	Jumlah Benda Uji (A)		5000	5000
12.	Jumlah Tertahan Di Sieve 12 (B)		4294,34	4285,37
13.	Keausan = $\frac{((A-B)/A)*100}$		14,11	14,29
14.	Rata-rata Keausan		14,2	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 27 Agustus 2018
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 12. Pemeriksaan Berat Jenis Debu Batu



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



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

PEMERIKSAAN BERAT DEBU BATU

Material : Debu Batu
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 27 Agustus 2018

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Pienometer Kosong (gr)	12,01	11,84
2.	Berat Pienometer + Aquadest (gr)	29,24	29,19
3.	Berat Aquadest (gr)	17,23	17,35
4.	Berat Pienometer + Debu Batu (gr)	13,09	13,24
5.	Berat Aspal (gr)	1,08	1,4
6.	Berat Pienometer + Debu Batu + Aquadest (gr)	29,88	30,07
7.	Berat Aquadest (gr)	16,79	16,83
8.	Volume Debu Batu (gr)	0,44	0,52
9.	Berat Jenis Debu Batu	2,45	2,69
10.	Rata-Rata BJ Debu Batu	2,57	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 27 Agustus 2018

Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 13. Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pada Material *RAP*

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



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

PEMERIKSAAN PENETRASI MATERIAL *RAP*

Material : *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*
Sumber : Piyungan, Wonosari
Tanggal Uji : 28 Agustus 2018

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
		Selesai	25°C
3.	Diperiksa		
		Mulai	25°C
		Selesai	25°C

NASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	53	53		
2.	55	56		
3.	48	52		
4.	50	52		
5.	50	51		
Rata2	51,2	52,8		

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 14 Februari 2019
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 14. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pada Material RAP



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



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK MATERIAL RAP

Material : *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*
 Sumber : Piyungan, Wonosari
 Tanggal Uji : 28 Agustus 2018

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji	Mulai	13.10
		Selesai	13.15
2.	Didiamkan Pada Suhu Ruang	25 °C	13.15
		25 °C	13.50
3.	Diperiksa	25 °C	13.50
		25 °C	14.34

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	-	-		
2.	10 °C	99	99		
3.	15 °C	203	203		
4.	20 °C	271	271		
5.	25 °C	349	349		
6.	30 °C	445	445		
7.	35 °C	508	508		
8.	40 °C	563	563		
9.	45 °C	674	674		
10.	50 °C	754	754	55	55

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 14 Februari 2019
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar *RAP*

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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR *RAP*

Material : Agregat Kasar *RAP*
Sumber : Piyungan, Wonosari
Tanggal Uji : 29 Agustus 2018

No.	Keterangan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Jenuh (BJ)	1620,13	1610,7
2.	Berat benda uji alam air (BA)	1000	1000
3.	Berat benda uji kering oven (BK)	1570,24	1571,53
4.	Berat Jenis (Bulk)	2,53	2,57
5.	Berat Jenis (SSD)	2,61	2,64
6.	Berat Jenis (Semu)	2,75	2,75
7.	Penyerapan Air	3,18	2,49
Berat Jenis Rata-Rata		2,66	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 29 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus *RAP*

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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS *RAP*

Material : Agregat Halus *RAP*
 Sumber : Piyungan, Wonosari
 Tanggal Uji : 29 Agustus 2018

No.	Keterangan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Jenuh (BJ)	500	500
2.	Berat Picnometer + Air (B)	685,23	667,36
3.	Berat Picnometer + Air + Benda Uji (BT)	990,67	970,84
4.	Berat Benda Uji Kering (BK)	485,74	483,83
5.	Berat Jenis (Bulk)	2,50	2,46
6.	Berat Jenis (SSD)	2,57	2,54
7.	Berat Jenis (Semu)	2,69	2,68
8.	Penyerapan Air	2,94	3,34
Berat Jenis Rata-Rata		2,58	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 29 Agustus 2018
 Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 17. Pemeriksaan *Sand Equivalent* Material RAP

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



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

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT* MATERIAL RAP

Sumber : Piyungan, Wonosari
Tanggal Uji : 30 Agustus 2018

No.	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	
1.	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCL ₂ (± 10.1 menit)	Mulai	13:40	13:40
		Selesai	13:50	13:50
2.	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	13:50	13:50
		Selesai	14:20	14:20
3.	Clay reading (inch)		3,9	3,7
4.	Sand reading		3,4	3,3
5.	Sand equivalen ((sand reading/clay reading)*100)		87,18	89,19

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 30 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 18. Pemeriksaan Keausan Agregat Material RAP



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



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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT MATERIAL RAP

Sumber : Piyungan, Wonosari
Tanggal Uji : 30 Agustus 2018

No.	Jenis Gradasi		F	
			Benda Uji (gram)	
	saringan		1	2
	Lolos	Tertahan		
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")		
7.	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500	2500
8.	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")	2500	2500
9.	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (No.4)		
10.	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)		
11.	Jumlah Benda Uji (A)		5000	5000
12.	Jumlah Tertahan Di Sieve 12 (B)		3953,43	3953,43
13.	Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100$		20,93	20,93
14.	Rata-rata Keausan		20,61	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

(Berlian Kushari, S.T., M. Eng)

Yogyakarta, 30 Agustus 2018
Peneliti,

(Muhammad Alfathli)

Lampiran 19. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 0%)



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kebangsaan No.144 Komplek Terpadu UII, Gedung Mok. Nahr., Telp. (0274) 898472, 894440, Fax. 895310 Yogyakarta



JASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : 2017
 Tipe Campuran : SP17 MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan Kadar Persema 0%)

No	Tempat	1		2		c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g (gram)	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Korelasi	q	r	MQ (kg/mm)
		(cm)	(%)	(cm)	(%)																		
4.84	64.52	6.84	6.80	1166.24	1182.04	673.21	508.81	2.296	2.428	13380	80734	5.417	7.27	71.89	5.42	40	70541	0.9745	778.13	4.90	172.25	284.66	
4.84	63.04	6.84	6.80	1167.91	1176.81	678.67	498.14	2.435	2.428	14413	82441	3.415	17.36	80.54	3.42	50	90426	1.0116	1005.78	5.10	197.21	290.84	
4.84	61.76	6.84	6.80	1169.09	1179.43	675.95	503.48	2.322	2.428	14403	81681	4.345	18.35	76.32	4.35	48	95449	0.9910	447.85	3.38	290.84	280.84	
								2.311					18.35		75.33				909.58		4.33	216.77	

1 - Total benda uji
 2 - % Aspal Terhadapp. Benunan
 3 - % Aspal Terhadapp. Campuran
 4 - Berat Kereng Schedule dereddan
 5 - Berat Basah Keras (SSD)
 6 - Berat dalam Air
 7 - Volume (Vol.) (d-c)
 8 - Berat Isi (density) (c/f)

h - BJ Maksimum (100 - (% Aggr BJ Aggr + % Asp BJ Asp))
 i - (h x p) : Bh Asp
 j - (100 - h) x g : Hl Aspal
 k - Jumlah Karibunan Rongga (100 - j)
 l - Rongga Terhadapp. Aspal (VMA) (100 - j)
 m - Rongga Terisi Aspal (VFA) (100 x (h))
 n - Rongga Dalam Campuran (VSSD) (100 - (100 x (g/b))
 o - Perbandingan Adku Stabilitas

p = 0 x K kabrasi / Proving Rong
 q = P x Koreksi Tebu Benda Uji (stabilitas)
 r = MQ
 MQ = Marshall Quotient
 = Suhu Pencampuran ± 1.65°C
 = Suhu Perendahan ± 1.55°C
 = Suhu Waterbath
 kalibrasi bah = 43.8 convert

BJ Aspal = 2.6619 kg
 Kalibrasi Proving Rong = 57.00 kg
 % Terahan Kasar = 19.8852 kg
 % Terahan Halus = 36.50 kg
 *Fleker = 6.50 kg
 BJ Aspal = 1.06 kg
 BJ Kasar Cereng = 2.67 kg
 BJ Halus Cereng = 2.66 kg
 BJ Abu Basi = 2.55 kg

Mengucapkan,
 K. Kab. Jalin Rayg UTI
 (Signature)

Praktek,
 (Signature)

Edydan Kikaban, S.T., M.Eng

Muhammad Alfabih

Lanjutan lampiran 19. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mecari KAO (Rej. 0%)



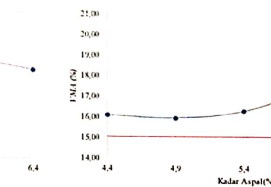
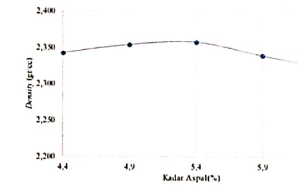
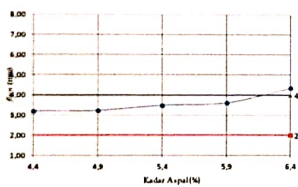
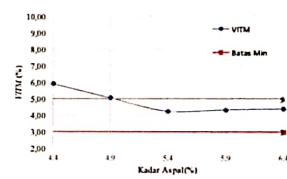
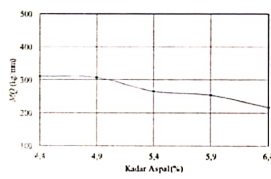
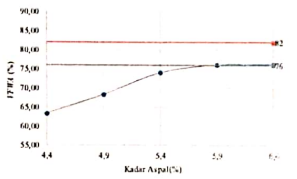
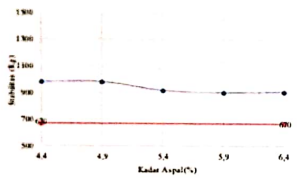
LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian:
 Tipe Campuran: *SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11* (KAO dengan Kadar Perseja 4 %)



Lampiran 20. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 2,7%)



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



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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian
Tipe Campuran SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan Kadar Peremaja 2 %)

Sampel	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Koreksi Tebal	q	r	MQ
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)						VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)				Stab. (kg)	Flow (mm)	(kg/mm)
4.4A	68.39	4.60	4.40	1175.55	1185.27	675.47	509.80	2.306	2.496	9.561	8.2813	7.624	17.19	55.64	7.62	72	1421.79	0.8900	1265.39	2.65	477.51
4.4A	68.29	4.60	4.40	1183.23	1196.02	680.74	515.28	2.296	2.496	9.531	8.2468	8.010	17.53	54.32	8.01	73	1441.68	0.8900	1283.09	2.50	513.24
4.4A	68.34	4.60	4.40	1179.39	1190.64	673.10	517.54	2.279	2.496	9.490	8.1841	8.709	18.16	52.04	8.71	72	1431.73	0.8900	1274.24	2.85	447.10
								2.294					17.63	54.00	8.11				1274.24	2.67	479.20
4.9A	67.00	5.15	4.90	1178.46	1190.55	675.85	514.70	2.290	2.479	10.574	8.1796	7.828	18.20	58.09	7.63	58	1143.40	0.9236	1054.93	3.00	451.64
4.9A	67.33	5.15	4.90	1182.98	1199.43	683.89	515.54	2.295	2.479	10.597	8.1912	7.435	18.02	58.80	7.42	55	1093.69	0.9142	999.81	2.75	363.57
4.9A	67.16	5.15	4.90	1180.72	1194.99	684.87	510.12	2.315	2.479	10.659	8.2591	6.620	17.31	61.75	6.62	56	1118.54	0.9184	1027.26	3.10	331.38
								2.300					17.74	59.55	7.22				1027.33	2.95	348.86
5.4A	65.44	5.71	5.40	1160.43	1168.91	679.48	489.43	2.371	2.461	12.067	8.2621	7.713	15.74	76.64	3.67	45	894.83	0.9537	853.42	3.50	243.83
5.4A	64.56	5.71	5.40	1165.08	1171.12	673.09	498.03	2.339	2.461	11.966	8.1164	7.502	16.06	70.60	4.96	40	795.41	0.9736	774.43	3.25	238.29
5.4A	65.00	5.71	5.40	1163.25	1169.01	676.28	492.73	2.361	2.461	12.059	8.2127	7.553	16.10	74.63	4.09	50	994.26	0.9626	957.10	3.80	251.87
								2.357					15.73	73.95	4.24				861.65	3.52	244.86
5.9A	66.03	6.27	5.90	1185.96	1190.00	672.33	517.67	2.291	2.444	12.241	8.1751	7.272	19.00	67.09	6.27	55	1083.74	0.9413	1021.60	4	255.44
5.9A	67.94	6.27	5.90	1192.60	1192.50	690.58	501.92	2.376	2.444	12.214	8.1751	7.272	23.00	82.56	2.79	41	815.29	0.907	739.34	3.6	205.37
5.9A	66.98	6.27	5.90	1186.28	1191.25	687.96	503.29	2.357	2.444	12.107	8.2127	7.553	16.08	75.59	3.57	48	949.52	0.923	876.41	3.2	271.68
								2.341					17.22	76.05	4.21				879.12	3.60	244.86
6.4A	65.36	6.84	6.40	1178.82	1181.52	672.60	508.93	2.316	2.426	13.072	8.1451	6.582	18.35	75.31	4.58	22	437.47	0.9551	417.83	5.65	73.95
6.4A	63.71	6.84	6.40	1171.66	1175.85	677.34	498.51	2.350	2.426	14.177	8.2543	3.140	17.36	81.68	3.18	62	1222.94	0.9949	1216.67	4.90	248.34
6.4A	64.53	6.84	6.40	1178.24	1178.69	674.97	503.72	2.339	2.426	14.199	8.2248	3.643	17.75	79.48	3.64	42	830.21	0.9742	808.76	5.50	147.05
								2.335					17.89	78.82	3.80				814.42	5.25	156.43

- t = Tebal Benda Uji
- a = % Aspal Terhadap Bahan
- b = % Aspal Terhadap Campuran
- c = Berat Kerang Sebekom drendam
- d = Berat Basah Lemah (SSD)
- e = Berat dalam Air
- f = Volume (si), (d - e)
- g = Berat Isi (density), (c/d)
- h = BJ Maksimum, (100 - (% Agr BJ Agr + % Asp BJ Asp))
- i = (b + g) - B Asp
- j = (100 - b) x g - BJ Agregat
- k = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - j)
- l = Rongga Terhadap Agregat (VMA), (100 - j)
- m = Rongga Terisi Aspal (VFWA), (100 x i/d)
- n = Rongga Dalam Campuran (VITM), (100 - (100 x g/h))
- o = Pembacaan Arkoji Stabilitas
- p = o x Kalibrasi Proving Ring
- q = p x Koreksi Tebal Benda Uji (stabilitas)
- r = Flow (Kelelahan Plastis)
- MQ = Marshall Quotient
- Suhu Pencampuran = + 165°C
- Suhu Pemadatan = + 155°C
- Suhu Waterbath = 60°C
- kalibrasi alat 43.8 convert
- BJ Agregat = 2.6619
- Kalibrasi Proving Ring = 19.8852 kg
- %Tertahan Kasar = 57.00
- %Tertahan Halus = 36.50
- %Filer = 6.50
- BJ Aspal = 1.06
- BJ Kasar Ciereng = 2.67
- BJ Halus Ciereng = 2.66
- BJ Abu Batu = 2.55

Mengetahui,
Kep. Lab. Jalan Raya/U.I.I.

Brian K. Ishari, S. T., M. Eng.

Penciri,

Muhammad Almathi

Lanjutan lampiran 20. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 2,7%)



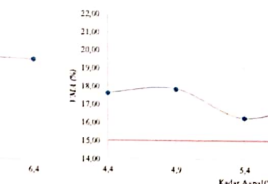
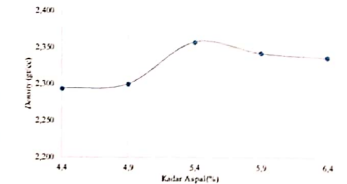
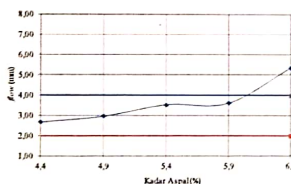
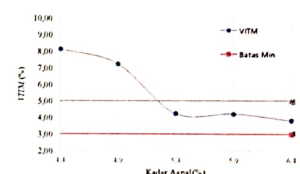
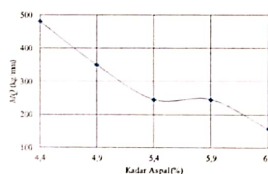
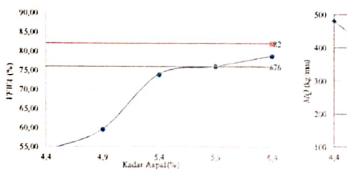
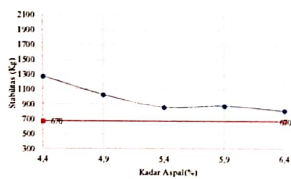
LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian
 Tipe Campuran
 SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan Kadar Peremajaan 4%)



Lampiran 21. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 5,4%)



LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalijaga No. 144 Kampus Terpadu Uli, Gedung Mub. Nahr. Telp. (0274) 898472, 898440, Fax. 895310 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : SPILT MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan kadar Perena 4%)
Tipe Campuran : KAO U A S

Sampele	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g (gram)	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MO (kg/mm)
44A	68,68	4,60	4,40	1178,34	1188,35	647,23	541,12	2178	2,496	9,031	78,305	12,764	19,133	41,43	12,76	40	994,26	884,89	6,90	136,14
44A	67,13	4,60	4,40	1193,42	1205,07	675,07	570,00	2252	2,496	9,338	80,868	9,794	19,133	48,81	9,79	65	1292,54	1188,27	5,00	237,65
44A	67,89	4,60	4,40	1185,88	1196,71	661,15	535,56	2214	2,496	9,183	79,523	11,294	20,38	44,84	11,29	47	934,60	890,01	4,80	175,50
49A	67,86	5,15	4,90	1170,34	1179,76	629,74	580,02	2128	2,479	9,827	76,018	14,155	21,98	40,98	14,16	40	984,26	898,51	4,30	208,35
49A	67,17	5,15	4,90	1181,63	1199,87	677,40	522,47	2262	2,479	10,415	80,798	8,757	19,20	54,40	8,76	55	1093,69	1004,28	3,85	280,85
49A	67,51	5,15	4,90	1175,99	1189,82	668,57	509,25	2309	2,479	10,665	82,581	6,934	17,50	60,94	6,81	60	1193,11	1085,33	3,75	289,42
44A	61,52	5,71	5,40	1108,85	1202,01	695,31	506,70	2233	2,861	12,042	84,084	3,875	20,23	75,65	3,88	43	1053,92	899,04	5,00	210,64
44A	63,27	5,71	5,40	1155,52	1161,79	670,64	400,75	2355	2,461	11,984	83,676	4,138	16,32	73,42	4,34	55	1093,69	1005,7	3,50	314,25
44A	61,84	5,71	5,40	1108,19	1175,70	672,98	502,73	2324	2,461	11,827	82,580	5,994	17,42	67,89	5,99	56	1113,57	1002,5	3,80	338,30
59A	66,66	6,27	5,90	1189,47	1192,34	675,75	516,59	2348	2,444	12,804	84,292	5,801	15,92	75,65	3,88	43	1053,92	899,04	4,9	203,97
59A	64,47	6,27	5,90	1190,55	1195,80	690,89	504,91	2358	2,444	13,112	83,252	3,534	18,60	88,82	3,51	54	1073,80	979,44	3,35	300,17
59A	65,56	6,27	5,90	1189,01	1191,57	693,32	498,25	2366	2,444	13,270	82,550	2,771	15,64	84,84	2,47	56	1113,57	1099,35	3	380,12
64A	66,20	6,84	6,40	1173,40	1181,00	678,96	502,04	2337	2,438	14,099	82,531	2,732	16,82	79,13	3,72	65	1292,54	979,03	3,75	295,75
64A	64,37	6,84	6,40	1168,39	1174,89	676,01	498,88	2342	2,438	14,127	81,311	3,727	17,65	80,05	3,52	85	1690,24	979,82	3,00	269,86
64A	65,29	6,84	6,40	1168,40	1177,95	673,99	503,96	2333	2,438	13,985	81,271	4,504	18,48	75,68	4,49	90	1789,67	978,65	2,80	581,11
																				477,42

1. Tebal Benda Uji
 2. % Aspal Terhadap Batuan
 3. % Aspal Terhadap Campuran
 4. Berat Kering Setelah direndam
 5. Berat Basah Jenuh (SSD)
 6. Berat dalam Air
 7. Volume (Vol.) (d-e)
 8. Berat Isi (density) (c/f)

h = BJ Maksimum (100 : (% Aggr/BJ Agg + % Aspal/BJ Asp))
 i = (b x g) : (b x g)
 j = (100 - b) x g : BJ Aggr
 k = Jumlah Kandungan Agregat (100-i)
 l = Rongga Terhadap Agregat (VMA) (100 - j)
 m = Rongga Terisi Aspal (VFA) (100 x (i))
 n = Rongga Dalam Campuran (VTM) (100 - (100 x (g/h)))
 o = Perbandingan Aloijs Substans

p = o x Kalibrasi Proving Ring
 q = p x Kordas Tebal Benda Uji (substans)
 r = Flow (Kekakuan Plastis)
 s = Marshall Quotient
 t = ± 1,65°C
 u = ± 1,55°C
 v = 60°C
 w = kalibrasi alat 43,8 convert

BJ Aggrat
 Kalibrasi Proving Ring = 2,6619
 = 19,8852 kg
 %Terahan Kasar = 57,00
 %Terahan Halus = 36,50
 %Atker = 6,50
 BJ Aspal = 1,06
 BJ Kasar Cering = 2,67
 BJ Halus Cering = 2,66
 BJ Abu Batu = 2,55

Mengarahkan
 Kepala Jalan Raya Uli
 Beban Kibaran S.T., M.Eng
 Mohamad Alakiah
 Pengkritik

Lanjutan lampiran 21. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 5,4%)



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



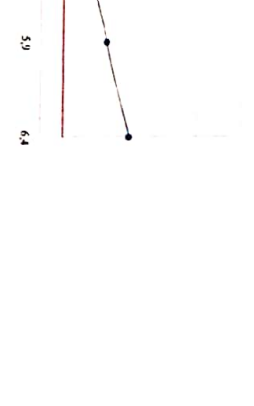
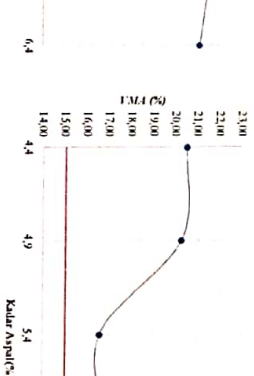
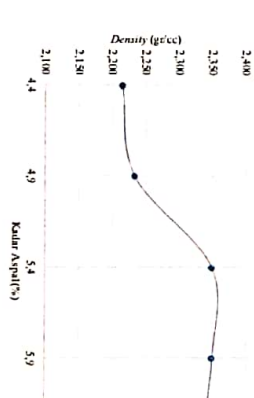
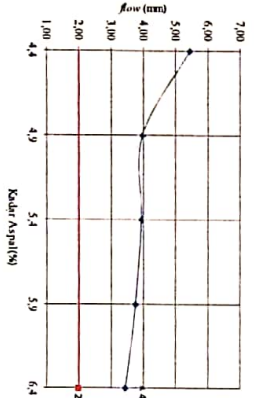
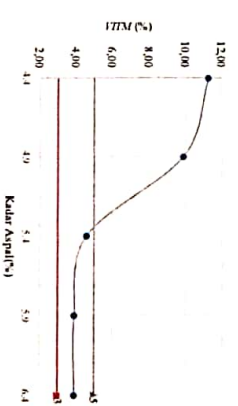
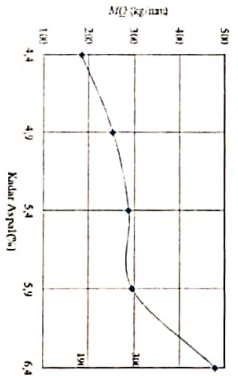
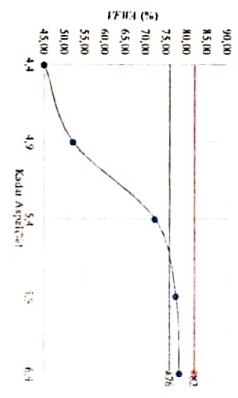
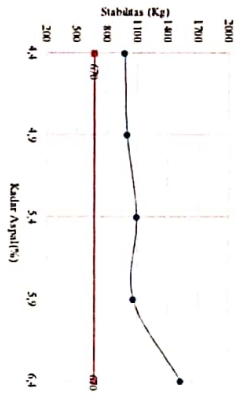
Jl. Kalitang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Nasir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian
 Tipe Campuran

SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11

(KAO dengan Kadar Perena 4%)



Lampiran 22. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 8,1%)



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang NRI 144 Kampus Terpadu ULI, Gedung. Noh. Nasir, Telp. (0272) 898472, 898640, Fax. 895310 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUMI UNTUK ASPAL PEN 60/70

Tanggal Pengujian : SP/UT/ASTIC ASPHALT 01/11 (KAO dengan Kadar Peremaja 6%)
 Tipe Campuran :

Sampel	KAO		U		A		S		g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Korokal Tebal	q Stab. (kg)	r Flow (mm)	MQ (kg/mm)
	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	U (gram)														
4.4A	68,14	4,60	4,30	1182,08	1195,10	681,26	513,85	2,300	2,396	9,540	82,618	7,842	17,38	54,88	7,84	65	1292,54	0,8941	1155,64	5,60	208,36	
4.4A	67,22	4,60	4,40	1195,74	1210,40	684,57	525,83	2,274	2,396	9,430	81,668	8,902	18,33	51,44	8,90	55	1093,69	0,9170	1002,91	4,25	235,98	
4.4A	67,68	4,60	4,40	1188,91	1202,75	685,91	516,84	2,300	2,396	9,540	82,614	7,866	17,29	54,87	7,88	45	804,53	0,9055	810,31	4,43	183,91	
4.9A	68,84	5,15	4,90	1170,45	1187,71	698,78	488,93	2,292	2,479	11,056	85,524	3,420	14,48	56,55	3,42	59	1173,23	0,8900	1044,17	3,70	282,21	
4.9A	66,29	5,15	4,90	1178,24	1197,85	694,03	503,83	2,339	2,479	10,800	83,548	5,452	16,45	56,55	3,42	50	994,26	0,9378	932,37	3,45	270,25	
4.9A	67,56	5,15	4,90	1174,34	1192,78	696,90	495,88	2,368	2,479	10,927	84,696	4,457	15,39	56,55	3,42	52	1024,03	0,9084	939,35	3,90	240,86	
5.4A	64,31	5,71	5,40	1180,19	1190,60	690,70	499,90	2,361	2,461	12,016	83,990	4,085	16,10	74,63	4,08	50	984,26	0,9798	974,13	3,20	306,41	
5.4A	64,49	5,71	5,40	1167,99	1177,29	676,72	500,58	2,333	2,461	11,875	82,971	4,304	17,08	69,53	5,20	48	984,49	0,9753	939,91	3,60	258,58	
5.4A	62,20	5,71	5,40	1187,04	1183,94	682,71	501,24	2,461	2,461	11,053	84,763	3,795	15,84	76,10	3,78	55	1093,69	1,0325	1129,24	3,00	332,13	
5.9A	65,76	6,27	5,90	1182,70	1186,13	692,13	493,95	2,354	2,444	12,315	82,641	2,724	15,34	86,69	2,04	51	1014,15	0,948	1011,42	3,40	298,38	
5.9A	65,33	6,27	5,90	1180,06	1186,50	678,89	507,61	2,335	2,444	12,521	83,101	4,892	17,82	72,85	4,89	56	1113,57	0,9556	1064,33	3,4	278,45	
5.9A	65,54	6,27	5,90	1178,88	1186,31	674,04	512,28	2,301	2,444	12,707	82,726	4,556	18,65	68,60	5,85	54	1073,90	0,952	1021,96	3,18	321,57	
6.4A	64,81	6,84	6,40	1188,84	1180,44	680,74	499,71	2,339	2,428	12,521	82,621	3,985	17,35	87,79	2,80	57	1133,46	0,9672	1096,24	3,26	338,27	
6.4A	65,84	6,84	6,40	1171,57	1183,52	675,75	507,77	2,307	2,428	12,928	82,621	4,455	18,87	73,76	4,95	89	1269,78	0,9461	1674,38	3,50	478,39	
6.4A	65,31	6,84	6,40	1170,20	1181,98	674,74	507,24	2,307	2,428	13,015	82,621	5,024	19,08	73,71	4,96	73	1451,62	0,9557	1307,36	3,50	506,39	
								2,331											78,42	3,97	3,42	403,68

t = Tebal Benda Uji
 a = % Aspal Terhadap Batuan
 b = % Aspal Terhadap Campuran
 c = Berat Kering Sebelum direndam
 d = Berat Basah Jenuh (SSD)
 e = Berat dalam Air
 f = Volume (vol), (d-e)
 g = Berat Isi (density), (c-f)
 h = BJ Maksimum, (100 * Ag/B1 Ag - % Aspal B1 Ag)
 i = (b x g) / BJ Aspal
 j = (100 - b) x g / BJ Agregat
 k = Jumlah Kandungan Rongga, (100 - j)
 l = Rongga Terhadap Agregat (VMA), (100 - i)
 m = Rongga Terisi Aspal (VFA), (100 x (f))
 n = Rongga Dalam Campuran (VTM), (100 - (100 x (g/h))
 o = Perencanaan Admix Stabilisasi
 p = o x K Abrasi Proving Ring
 q = p x Koreksi Tebal Benda Uji (stabilisasi)
 r = Flow (Kekakuan Pistas)
 MQ = Marshall Quotient
 Suhu Perendaman = ± 165°C
 Suhu Wacubah = ± 155°C
 kalibrasi alat = 43,8 convert
 BJ Agregat = 2,6619
 Kalibrasi Proving Ring = 57,00
 %Terdalam K asar = 19,8852
 %Terdalam Halus = 36,50
 %Fiber = 6,50
 BJ Aspal = 1,06
 BJ K asar Cereng = 2,67
 BJ Abu Batu = 2,66
 BJ Abu Batu = 2,55

Mengesahkan
 Kepala Jalan Raya ULI
 Bechtan Khasan, S.T., M Eng
 Muhammad Alfaridi

Lanjutan lampiran 22. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 8,1%)

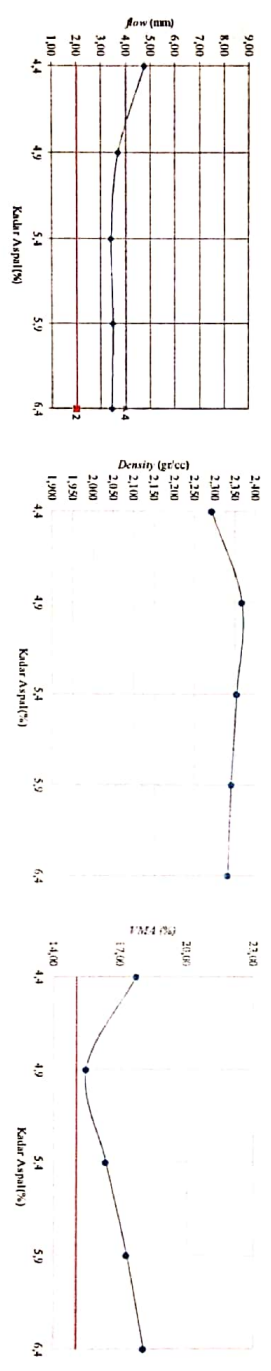
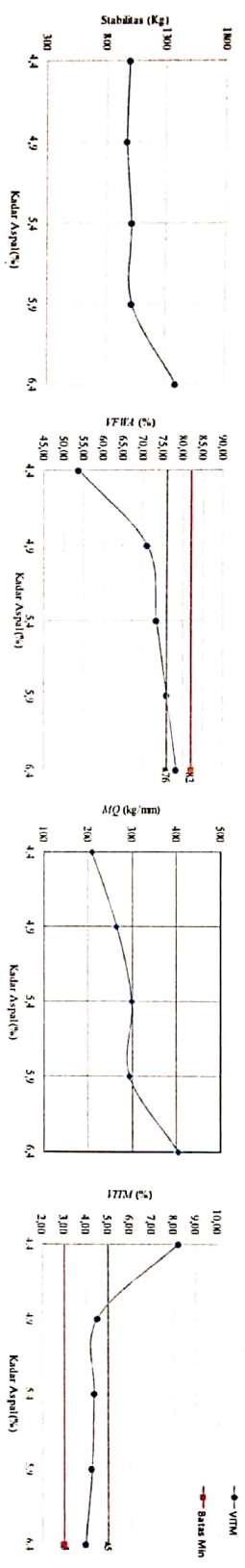


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kalurang Km 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Tdp. (0274) 898472, 896440, Fax: 895330 Yogyakarta



Tipe Pengujian : Tipe Campuran
 Spesifikasi : SP/11/MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan Kadar Peremaja 6%)

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPHAL OPTIMUM UNTRK ASPHAL PEN 6070



Lanjutan Lampiran 23. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 10,8%)



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kalirejo Km 14.4 Kampus Terpadu UIN Gedung Moh. Nadjid, Telp. (0274) 898412, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



Tipe Campuran : SP1T MASTIC ASPHALT U11 (KAO dengan Kadar Premaja 8%)

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g (gram)	h (gram)	i (gram)	j (gram)	k (gram)	l (gram)	m (gram)	n (gram)	o (gram)	p (gram)	q (gram)	r (gram)	MO (kg/cm ²)
4.4A	67,21	4,60	4,30	1185,82	1201,85	678,28	526,57	2282	2.496	9.339	80,877	9,784	19,12	48,84	9,78	50	994,26	901,71	5,80	163,95
4.4A	67,31	4,60	4,30	1198,05	1215,73	664,07	511,66	2297	2.496	9.534	82,480	7,966	17,52	44,36	8,80	49	1173,23	1073,11	5,80	185,02
4.4A	67,47	4,60	4,30	1191,94	1208,79	664,68	534,12	2274	2.496	9.431	81,674	8,895	18,33	51,46	8,80	45	804,83	691,08	4,80	188,23
4.0A	69,81	5,15	4,90	1185,56	1195,65	668,81	499,84	2372	2.479	10,954	84,737	4,369	15,32	51,55	8,89	55	1093,69	929,94	5,23	178,07
4.0A	65,48	5,15	4,90	1188,84	1195,83	669,65	502,18	2367	2.479	10,933	84,576	4,491	15,42	70,38	4,49	58	1153,34	1101,65	3,90	202,22
4.0A	67,61	5,15	4,90	1184,70	1195,74	668,23	501,51	2367	2.479	10,931	84,563	4,566	15,44	70,81	4,51	45	894,83	811,80	4,00	202,95
4.4A	65,10	5,71	5,40	1189,52	1191,18	692,08	499,10	2383	2.461	12,130	84,699	3,171	15,30	79,28	3,17	50	994,26	961,94	4,80	212,13
4.4A	65,74	5,71	5,40	1188,46	1193,19	688,79	504,40	2356	2.461	11,992	83,754	4,374	16,27	73,72	4,27	55	1091,69	1037,57	3,50	296,45
4.4A	65,48	5,71	5,40	1189,99	1192,19	682,44	509,75	2334	2.461	11,881	83,596	4,157	17,04	69,73	5,16	50	994,26	929,84	3,20	296,53
5.9A	64,86	6,27	5,90	1174,92	1179,92	686,61	493,31	2382	2.444	13,244	84,133	2,592	15,81	83,79	2,56	65	1291,54	954,57	4,80	316,13
5.9A	66,18	6,27	5,90	1163,57	1182,19	675,89	506,30	2298	2.444	12,740	84,113	3,919	16,76	68,13	5,98	53	1053,92	990,35	3,8	260,62
5.9A	65,52	6,27	5,90	1165,75	1181,06	683,75	497,31	2344	2.444	13,054	82,983	4,164	17,13	76,07	4,10	50	994,26	929,52	3,1	305,37
6.4A	63,42	6,84	6,40	1169,28	1179,88	683,51	496,37	2341	2.356	14,295	82,911	2,961	17,23	76,00	4,21	50	994,26	1001,19	3,25	294,04
6.4A	67,31	6,84	6,40	1174,74	1192,14	684,49	507,65	2314	2.428	13,509	82,911	4,523	16,64	74,92	4,67	55	1093,69	1091,48	3,60	277,90
6.4A	65,37	6,84	6,40	1172,01	1186,01	681,50	504,51	2323	2.428	14,602	82,911	4,533	16,72	76,51	4,30	65	1291,54	1234,37	3,45	357,70
								2331					17,04	78,06	3,98			1077,00	3,43	314,07

1 = Tebal Benda Uji
 2 = % Aspal Terhadap Bahan Campuran
 3 = % Aspal Terhadap Campuran
 4 = Berat Kerang Sebelum Drendam
 5 = Berat Basah Jenis (SSD)
 6 = Berat dalam Air
 7 = Volume (sl), (d-e)
 8 = Berat Isi (density), (c/f)
 9 = BJ Maksimum (100 / (% Agg / BJ Agg + % (1-p) / BJ Sp))
 10 = (b x g) / BJ Agg
 11 = (100 - b) x f / BJ Agg
 12 = Jumlah Kandungan Rongga (100-x)
 13 = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
 14 = Rongga Terisi Aspal (VFVA), (100 x (g))
 15 = Rongga Dalam Campuran (VITM), (100 - (100 x (g)))
 16 = o x Kabrasi Proving Ring
 17 = p x K coreksi Tebal Benda Uji (stabilitas)
 18 = Flow (K deblahan Plastik)
 19 = Marshall Quotient
 20 = ± 165°C
 21 = ± 155°C
 22 = 60°C
 23 = 0,454 BJ Hias Cereng
 24 = BJ Abu Batu
 25 = 2,6619
 26 = 19,8852
 27 = 57,00
 28 = 36,50
 29 = 6,50
 30 = 1,06
 31 = 2,67
 32 = 2,66
 33 = 2,55
 34 = BJ Aggregat
 35 = Kabrasi Proving Ring
 36 = % Terahan Kasar
 37 = % Terahan Hias
 38 = % Abu
 39 = BJ Kasar Cereng
 40 = BJ Kasar Cereng
 41 = BJ Abu Batu
 42 = 2,6619
 43 = 19,8852
 44 = 57,00
 45 = 36,50
 46 = 6,50
 47 = 1,06
 48 = 2,67
 49 = 2,66
 50 = 2,55

Mengarahkan
 M. Habib Idris Rasyidi UII
 Beban Kabin S.T.T. M. Eng
 M. Usman Alfaridhi
 Pencik

Lanjutan lampiran 23. Hasil Pengujian Marshall Dalam Mencari KAO (Rej. 10,8%)

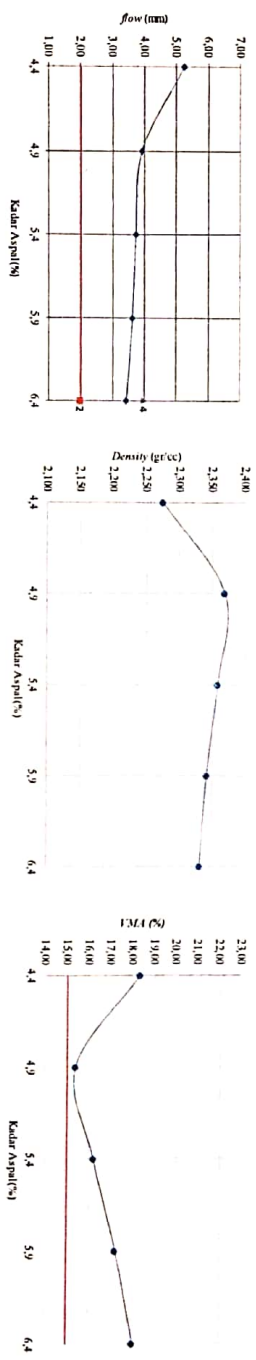
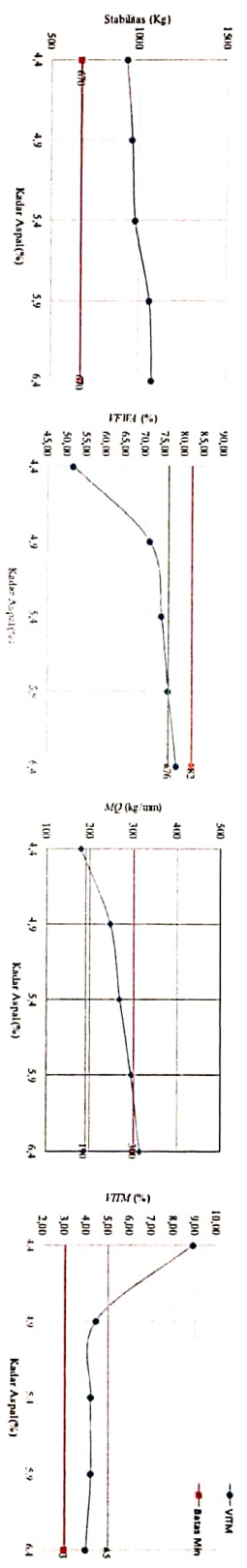


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang Km 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung B10L, Negeri, Telp. (0271) 894872, 896440, Fax. 895310 Yogyakarta



Tanggal Pengujian :
 Tipe Campuran : **SPLIT MASTIC ASPHALT 0/11 (KAO dengan Kadar Permisja 8 %)**

HASIL PENGUJIAN MARSHALL MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM UNTUK ASPAL PEN 60/70



Lampiran 24. Hasil Pengujian Marshall Dengan KAO



LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliganda KM 14.4 Kampus Terpadu U.II, Gedung Terpadu L.III, Gedung Vok. Sateir, Telp. (0274) 898472, 898440, Fax. 898430 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN Marshall

Tanggal Pengujian: 20/11/2019
 Tipe Campuran: SW/IT/MASTIC/ANPH/41/011
 Peneliti: Muhammad Alifhik

Sampel	1	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MO	
M1	67/65	538	5640	119588	157081	66453	84328	2291	2453	11201	78029	10270	2197	5326	1027	130	238622	216232	239	962187	
M2	66/73	538	5640	118254	119858	66431	82024	2290	2453	11855	79166	10989	2034	5640	9199	90	178957	164305	290	993395	
M3	69/67	538	5640	117924	130168	66158	84013	2183	2453	11407	77286	10995	2264	5135	11100	98	188910	164129	250	672252	
M1	65/59	597	5600	117705	119197	67662	81435	2298	2454	12143	81128	6729	2184	5324	1012	98	194875	184547	240	749278	
M2	65/97	597	5600	119447	129406	68728	81675	2311	2454	12365	81941	5792	1838	6793	579	98	188910	178283	435	51243	
M3	66/69	597	5600	117158	118238	67977	80625	2205	2454	12229	81201	6068	1838	6684	607	93	184932	178227	375	469265	
M1	65/19	595	5600	116278	117378	67832	89853	2312	2454	12354	82695	4961	1841	6637	630	80	194082	153460	330	464210	
M2	65/77	595	5600	119402	130174	68678	81486	2319	2454	12582	82390	5590	1729	6903	531	65	129254	124552	410	306413	
M3	65/41	595	5600	116572	117534	67538	89696	2346	2454	12435	83108	4407	1680	7382	441	65	129254	123124	410	306410	
M1	68/01	581	549	118757	138621	67964	85857	2247	2458	11638	79399	6465	2023	5747	861	65	129254	122745	397	345641	
M2	67/43	581	549	117812	119215	68482	85853	2231	2458	11543	79287	9286	2098	5550	926	71	141185	117183	400	269355	
M3	64/42	581	549	118538	119821	68478	81143	2318	2458	11991	82291	5716	1721	6772	572	68	135219	132109	420	292296	
M1	66/02	579	5470	118456	119991	67185	85806	2243	2459	11865	79661	6774	2034	6023	746	60	119311	112481	417	274245	
M2	64/89	579	5470	118277	119916	67574	82311	2260	2459	11652	80261	8189	1924	6094	819	50	94426	99979	435	22064	
M3	65/52	579	5470	117419	119154	67496	81658	2273	2459	11718	80711	7571	1929	6078	757	58	109369	104133	450	22141	
								2249						5888	814			104197		433	24113

- 1 = Tebal Benda Uji
- a = % Aspal Terhadap Batuan
- b = % Aspal Terhadap Campuran
- c = Berat Krcong Sebelum direndam
- d = Berat Basah Jenuh (SSD)
- e = Berat dalam Air
- f = Volume (Vol.) (d-c)
- g = Berat Isi (density), (c/f)
- h = B.J. Maksimum, (100 - ("a" x g) / B.J. Aspal) - "a" x g / B.J. Aspal
- i = (b x g) / B.J. Aspal
- j = (100 - b) x g / B.J. Aspal
- k = Jumlah Kandungan Rongga, (100-p)
- l = Rongga Terhadap Aspal, (VMA), (100 - j)
- m = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- n = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- o = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- p = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- q = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- r = Rongga Terhadap Aspal (VMA), (100 - j)
- MO = 0 x Kriteria / Proving Rong
- p = p x Kriteria / Tebal Benda Uji (substans)
- q = Flow (Kekakuan Pasak)
- r = Marshall / Berong
- s = ± 165°C
- t = ± 155°C
- u = 60°C
- v = 0.454 BI Hulus Creng
- w = BI Abu Batu
- x = 2.6619
- y = 19.8852
- kg

Anggapan
 Kepala Lab Jalan Raya UII
 Khrison Kharlan S.T., M.Eng.

Peneliti
 Muhammad Alifhik

Lanjutan lampiran 24. Hasil Pengujian Marshall Dengan KAO

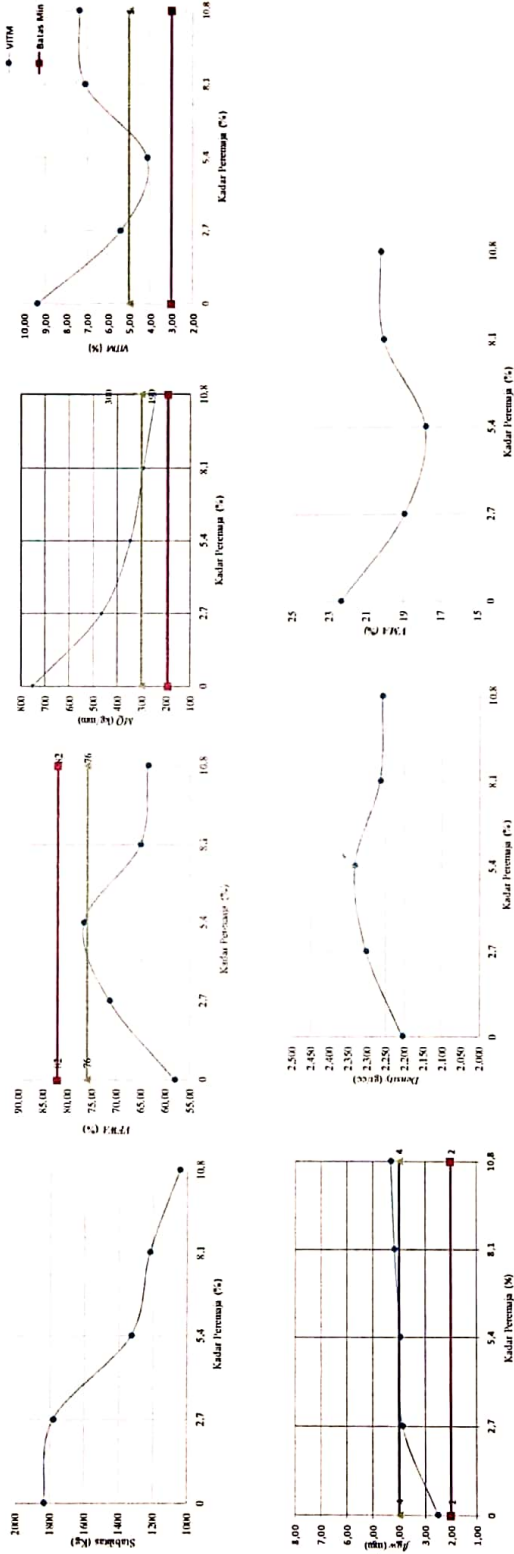


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kaliurang KM. 14.4 Kampus Terpadu UII, Gedung. Mok. Nantir, Telp. (0274) 898472, 896640, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL

Tanggal Pengujian
 Tipe Campuran
 Peneliti
 SPILT MASTIC ASPHALT 011
 Muhammad Alifihli





Lanjutan lampiran 25. Hasil Pengujian /RS

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

Jl. Kalibeng Km 14.4 Kampus Terpadu III, Gedung Blok Nanti, Telp. (0273) 898472, 896470, Fax. 895110 Yogyakarta



Tanggal Pengujian
Pencoba
Mikrometer Alibidi

SP17 MASTIC ASPHALT 011

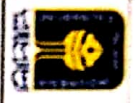
HASIL PENGUJIAN Index of Retained Strength (IRS)

Table with columns: Sample, t, a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r. It contains numerical data for various samples and their corresponding IRS values across multiple columns.

- 1 - Total Berat (g)
- 2 - Berat Sampel (g)
- 3 - Berat Kering Sampel (g)
- 4 - Berat Bekas (g)
- 5 - Berat Bekas (g)
- 6 - Berat Bekas (g)
- 7 - Volume (ml)
- 8 - Berat Bekas (g)
- 9 - Berat Bekas (g)
- 10 - Berat Bekas (g)
- 11 - Berat Bekas (g)
- 12 - Berat Bekas (g)
- 13 - Berat Bekas (g)
- 14 - Berat Bekas (g)
- 15 - Berat Bekas (g)
- 16 - Berat Bekas (g)
- 17 - Berat Bekas (g)
- 18 - Berat Bekas (g)
- 19 - Berat Bekas (g)
- 20 - Berat Bekas (g)
- 21 - Berat Bekas (g)
- 22 - Berat Bekas (g)
- 23 - Berat Bekas (g)
- 24 - Berat Bekas (g)
- 25 - Berat Bekas (g)
- 26 - Berat Bekas (g)
- 27 - Berat Bekas (g)
- 28 - Berat Bekas (g)
- 29 - Berat Bekas (g)
- 30 - Berat Bekas (g)
- 31 - Berat Bekas (g)
- 32 - Berat Bekas (g)
- 33 - Berat Bekas (g)
- 34 - Berat Bekas (g)
- 35 - Berat Bekas (g)
- 36 - Berat Bekas (g)
- 37 - Berat Bekas (g)
- 38 - Berat Bekas (g)
- 39 - Berat Bekas (g)
- 40 - Berat Bekas (g)
- 41 - Berat Bekas (g)
- 42 - Berat Bekas (g)
- 43 - Berat Bekas (g)
- 44 - Berat Bekas (g)
- 45 - Berat Bekas (g)
- 46 - Berat Bekas (g)
- 47 - Berat Bekas (g)
- 48 - Berat Bekas (g)
- 49 - Berat Bekas (g)
- 50 - Berat Bekas (g)
- 51 - Berat Bekas (g)
- 52 - Berat Bekas (g)
- 53 - Berat Bekas (g)
- 54 - Berat Bekas (g)
- 55 - Berat Bekas (g)
- 56 - Berat Bekas (g)
- 57 - Berat Bekas (g)
- 58 - Berat Bekas (g)
- 59 - Berat Bekas (g)
- 60 - Berat Bekas (g)
- 61 - Berat Bekas (g)
- 62 - Berat Bekas (g)
- 63 - Berat Bekas (g)
- 64 - Berat Bekas (g)
- 65 - Berat Bekas (g)
- 66 - Berat Bekas (g)
- 67 - Berat Bekas (g)
- 68 - Berat Bekas (g)
- 69 - Berat Bekas (g)
- 70 - Berat Bekas (g)
- 71 - Berat Bekas (g)
- 72 - Berat Bekas (g)
- 73 - Berat Bekas (g)
- 74 - Berat Bekas (g)
- 75 - Berat Bekas (g)
- 76 - Berat Bekas (g)
- 77 - Berat Bekas (g)
- 78 - Berat Bekas (g)
- 79 - Berat Bekas (g)
- 80 - Berat Bekas (g)
- 81 - Berat Bekas (g)
- 82 - Berat Bekas (g)
- 83 - Berat Bekas (g)
- 84 - Berat Bekas (g)
- 85 - Berat Bekas (g)
- 86 - Berat Bekas (g)
- 87 - Berat Bekas (g)
- 88 - Berat Bekas (g)
- 89 - Berat Bekas (g)
- 90 - Berat Bekas (g)
- 91 - Berat Bekas (g)
- 92 - Berat Bekas (g)
- 93 - Berat Bekas (g)
- 94 - Berat Bekas (g)
- 95 - Berat Bekas (g)
- 96 - Berat Bekas (g)
- 97 - Berat Bekas (g)
- 98 - Berat Bekas (g)
- 99 - Berat Bekas (g)
- 100 - Berat Bekas (g)

Mikrometer Alibidi
Pencoba
Mikrometer Alibidi

Lanjutan lampiran 25. Hasil Pengujian IRS



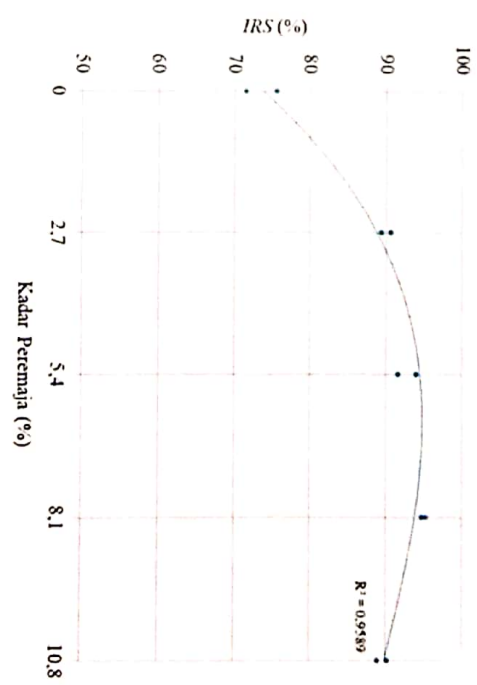
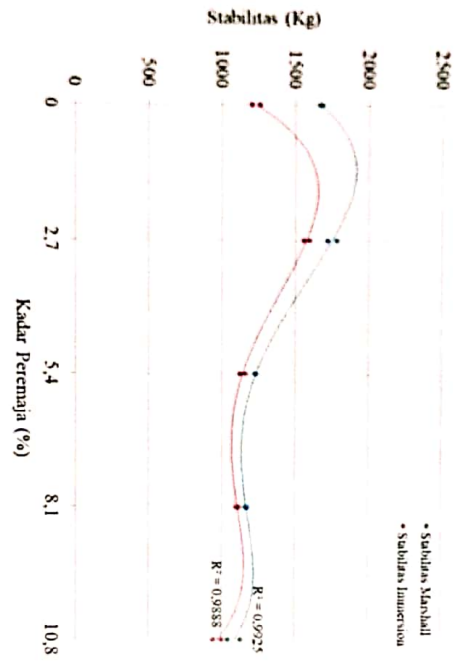
Jl. Kebungur KM 14.4 Kampus Terpadu UIN Grenggong, Yogyakarta

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



Tanggal Pengujian :
 Tipe Campuran :
 Proseksi :
 NPLI KASIR : ANPH11.011
 Madanul Akhlaq

HASIL PENGUJIAN IRS



Lampiran 26. Hasil Pengujian ITS



Jl. Kebayoran KEM 144 Kampus Terpadu IIL Gedung Mlok. Matic. Telp. (0274) 898472, 898440, Fax. 898400 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN ITS

Tanggal Pengujian
Tipe Campuran
Pencoba

NO/IT MASTIK ANPHE/1011
Muhammad Abidhi

Kadar Peremaman	Kadar Aspal (%)	Diameter (cm)	Tinggi	Benda Uji (mm)	H rata-rata (mm)	H (cm)	Angka Koreksi (cm)	Arloji Stabilitas	Stabilitas x Kalibrasi	Stabilitas (Ks)	Konstanta (A/D)	ITS (K/g/cm ²)	
0%	T1	5,64	10	66,45	66,27	66,98	66,57	0,93	65	1292,54	1205,29	0,159	26,79
	T2	5,64	10	67,39	66,65	67,55	67,20	0,92	60	1193,11	1094,78	0,159	25,90
	T3	5,64	10	66,52	65,31	65,93	65,92	0,94	50	994,26	939,20	0,159	22,65
2,7%	T1	5,63	10	66,57	66,85	65,82	66,41	0,94	89	1769,78	1655,41	0,159	39,63
	T2	5,63	10	67,82	68,60	67,55	67,99	0,90	65	1292,54	1160,38	0,159	27,14
	T3	5,63	10	66,47	66,3	66,81	66,51	0,93	66	1312,42	1224,82	0,159	29,27
5,4%	T1	5,62	10	66,87	66,63	66,60	66,72	0,93	80	1590,82	1479,46	0,159	35,27
	T2	5,62	10	67,58	67,59	67,42	67,53	0,91	75	1491,39	1356,05	0,159	31,93
	T3	5,62	10	66,73	66,74	66,97	66,81	0,93	99	1968,63	1825,25	0,159	43,44
8,1%	T1	5,490	10	67,95	67,56	66,79	67,43	0,91	50	994,26	906,43	0,159	21,37
	T2	5,490	10	66,11	65,84	66,36	65,19	0,94	65	1292,54	1216,52	0,159	29,26
	T3	5,490	10	64,75	63,76	63,84	64,32	0,98	55	1093,69	1076,83	0,159	26,70
10,8%	T1	5,47	10	64,06	64,25	65,42	64,58	0,97	50	994,26	967,50	0,159	23,82
	T2	5,47	10	66,57	67,42	67,32	67,39	0,92	60	1193,11	1092,56	0,159	26,01
	T3	5,47	10	66,61	66,91	66,31	66,51	0,93	45	894,83	833,71	0,159	19,90
												23,24	

Mengetahui
Kepala Lab Jalan Raya Teknik Sipil UII

Berlian Kuschari, S.T., M.Eng.

Peneliti

Muhammad Alfathli

Lanjutan lampiran 26. Hasil Pengujian ITS



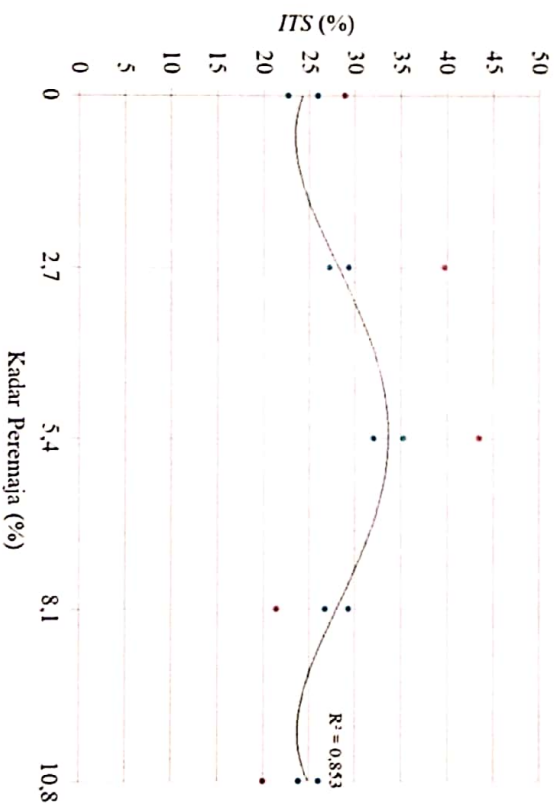
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaharung Mulya Kampus Terpadu III, Gedung Mub. No.06, Telp. 0274 894272, 894440, Fax. 895330 Yogyakarta



Tanggal Pengujian
Tes Campuran
Proble

NYITANISIR ASPHULT 011
Mudarnad Albul

HASIL PENGUJIAN ITS



Lampiran 27. Hasil Pengujian Cantebro



Jl. Kebayoran KM 14.4 Kembangan Tengah Jakarta Selatan 12165




HASIL PENGUJIAN Cantebro

Tanggal Pengujian
10 Mei 2018
Pencampur
Muhammad Abdul

SP711 MASYARAKAT
Muhammad Abdul

Kadar Perencana (%)	Sampel	Berat Benda Uji (gr)		Berat Sekam di Abrasi (Mo-Md) (gr)	Kehilangan Berat (%) L	Rata-Rata Kehilangan Berat (%)
		Berat muha-muha (Mo)	Berat setelah pengujian (Md)			
0%	C1	1168,64	1045,21	123,43	10,56	9,33
	C2	1190,77	1082,89	109,88	9,23	
	C3	1196,14	1098,14	98,00	8,19	
2,7%	C1	1175,00	1137,42	67,75	5,77	5,84
	C2	1182,31	1131,79	71,32	5,92	
	C3	1204,61	1190,89	56,00	4,73	
5,4%	C1	1182,86	1121,75	46,00	3,94	4,14
	C2	1168,35	1121,75	46,00	3,94	
	C3	1198,81	1132,81	45,00	3,75	
8,1%	C1	1174,14	989,88	193,26	10,22	10,97
	C2	1189,68	1055,13	140,00	11,71	
	C3	1195,33	1040,41	141,95	12,01	
10,8%	C1	1182,36	1018,09	160,70	13,63	13,35
	C2	1178,79	1012,39	170,22	14,39	
	C3	1182,61	1012,39	170,22	14,39	

Mengetahui

 Kepala Lab Jalan Raya Teknik Sipil UIR

Peneliti

Berlian Kusshari, S.T., M.Eng.

 Muhammad Alfathli

Lanjutan Lampiran 27. Hasil Pengujian *Cantabro*



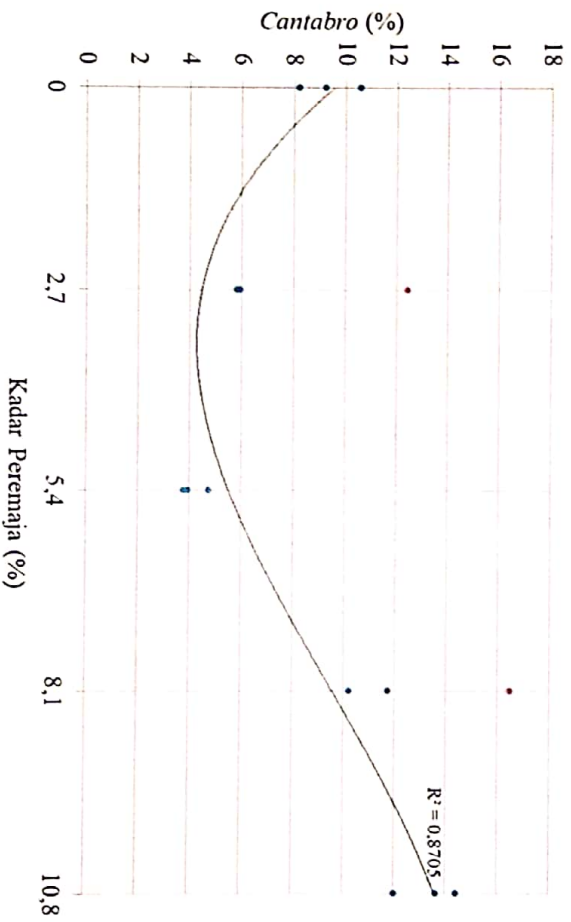
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Mok. Neric, Telp. (0274) 894472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN *Cantabro*

Tanggal Pengujian
Tipe Campuran
Pencoba

SP111 MASTIC ASPHALT 70/11
Mohammad Albihi



Lampiran 28. Hasil Pengujian Permeabilitas



Jl. Kahurang KM 11.44 Mangrove Tenggale U.L. Gedung Mole. Nandri. Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895310 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN Permeabilitas

Tanggal Pengujian
Tipe C Pengujian
Pecoba

NPLIT MASTIC ANPHILT 011
Muhammad Alfabih

Sampel	Tinggi			Angka Konkrit	Diameter (cm)	Berd Kering	Volume Rendemen (cm ³)	V _{air} (dm ³ /cm ³)	L (tinggi Sampel) (cm)	T (Lama Waktu) (Detik)	P (Tetapan Air) (cm ²)	A (luas Prangung) (cm ²)	K (Koefisien Permeabilitas) (cm/detik)	K (Koefisien Permeabilitas) (cm/detik)	
	h ₁	h ₂	h ₃												
0%	P1	6.544	6.480	6.525	65.247	10	1171.66		6.52	81	1000	30	1221241784	0.00069586	0.00089442
	P2	6.538	6.497	6.449	64.443	10	1179.78		6.44	69	1000	34	1203632054	0.00077748	0.00078412
2.7%	P1	6.490	6.502	6.506	64.003	10	1182.53		6.49	118	1000	46	1202182789	0.00065192	0.00067899
	P2	6.488	6.531	6.516	65.157	10	1184.48		6.52	107	1000	28	121.98.3068	0.00099202	0.00095333
5.4%	P1	6.436	6.206	6.235	61.122	10	1180.80	1000	6.31	56	1000	24	118.7888542	0.00060578	0.00107065
	P2	6.317	6.493	6.506	64.053	10	1186.02		6.41	62	1000	26	1202496498	0.00082144	0.00102564
8.1%	P1	6.565	6.507	6.518	65.300	10	1172.16		6.55	112	1000	29	1222079542	0.00047785	0.00092267
	P2	6.491	6.631	6.591	65.900	10	1183.67		6.59	126	1000	65	121159042	0.00042497	0.00041629
10.8%	P1	6.525	6.526	6.602	65.510	10	1169.30		6.57	62	1940	29	122.53.7215	0.000891017	0.000921742
	P2	6.576	6.508	6.534	63.227	10	1182.23		6.52	117	1000	79	118.951698	0.000454203	0.00035444

Mengalahkan
Kepala Lab Jahan Raya Teknik Sipil U11

[Signature]

Berhan Kusnari, S.T., M.Eng.

Peneliti

[Signature]

Muhammad Alfabih

Lanjutan lampiran 28. Hasil Pengujian Permeabilitas



Jl. Kalibang KM 14.4 Kampus Terpadu III, Gedung Mok. Negeri, Telp. (0271) 898472, 898440, Fax. 899330 Yogyakarta

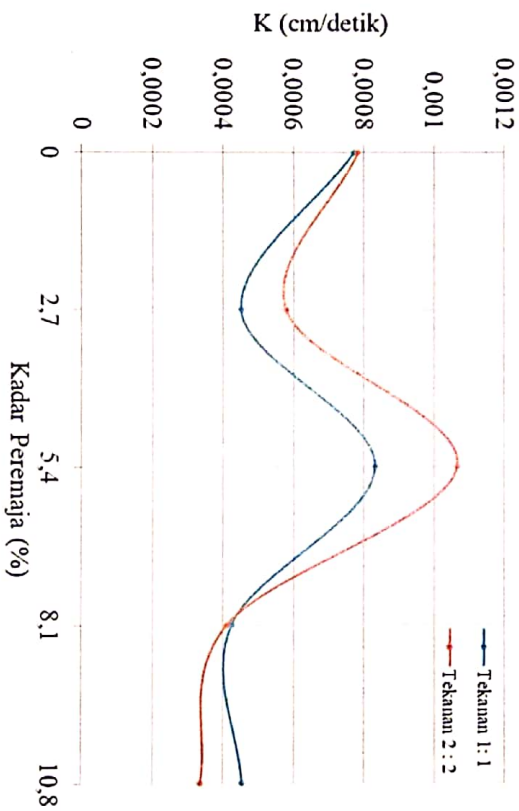
LABORATORIUM JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



HASIL PENGUJIAN Permeabilitas

Tanggal Pengujian
Tipe Campuran
Pencoba

NYIT/MS/STC/ASPH/17/011
Muhammad Abidin



Lampiran 29. Tabel Konstanta A₀

Diameter (inci)	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4
3,5	0,177	0,0766	-0,2847	0,268	-0,9966	0,05056	-0,1545	-0,9765	-0,0204	-0,1545	0,05056
3,6	0,172	0,0745	-0,2769	0,2683	-0,9968	0,04786	-0,1461	-0,9560	-0,0193	-0,1481	0,04786
3,7	0,168	0,0726	-0,2694	0,2685	-0,9970	0,04537	-0,1384	-0,9422	-0,0183	-0,1384	0,04537
3,8	0,164	0,707	-0,2624	0,2688	-0,9971	0,04307	-0,1312	-0,9260	-0,0173	-0,1312	0,04307
3,9	0,16	0,69	-0,2557	0,269	-0,9973	0,04049	-0,1246	-0,9104	-0,0165	-0,1247	0,04094
4	0,156	0,0673	-0,2494	0,2692	-0,9974	0,03896	-0,1185	-0,8954	-0,0156	-0,1185	0,03896
4,1	0,152	0,0657	-0,2433	0,2694	-0,9975	0,03712	-0,1129	-0,8810	-0,0149	-0,1129	0,03712
4,2	0,49	0,0642	-0,2375	0,2696	-0,9976	0,03541	-0,1076	-0,8671	-0,0142	-0,1076	0,03541
4,3	0,45	0,0627	-0,2320	0,2998	-0,9977	0,03381	-0,1027	-0,8537	-0,0136	-0,1027	0,03381
4,4	0,142	0,613	-0,2268	0,2699	-0,9978	0,03232	-0,0981	-0,8409	-0,0130	-0,0981	0,03232
4,5	0,139	0,06	-0,2218	0,2701	-0,9979	0,03092	-0,0938	-0,8282	-0,0124	-0,0938	0,03092
4,6	0,136	0,0587	-0,2170	0,2702	-0,9980	0,02961	-0,0898	-0,8161	-0,0118	-0,0898	0,02961
4,7	0,133	0,575	-0,2124	0,2703	-0,9981	0,02838	-0,0860	-0,8043	-0,0114	-0,0860	0,02839
4,8	0,131	0,0563	-0,2080	0,2704	-0,9982	0,02723	-0,0825	-0,7930	-0,0109	-0,0825	0,02723
4,9	0,128	0,0552	-0,2037	0,2706	-0,9983	0,02618	-0,0792	-0,7820	-0,0105	-0,0792	0,02615
5	0,126	0,0541	-0,1997	0,2707	-0,9983	0,02512	-0,0760	-0,7714	-0,0100	-0,0761	0,02513
5,1	0,123	0,0531	-0,1958	0,2708	-0,9984	0,02418	-0,0731	-0,7610	-0,0097	-0,0731	0,02416
5,2	0,121	0,0521	-0,1920	0,2709	-0,9985	0,02325	-0,0703	-0,7510	-0,0093	-0,0703	0,02325
5,3	0,119	0,0511	-0,1884	0,2709	-0,9985	0,02239	-0,0677	-0,7413	-0,0090	-0,0677	0,02240
5,4	0,116	0,0502	-0,1849	0,271	-0,9986	0,02158	-0,0652	-0,7319	-0,0086	-0,0652	0,02156
5,5	0,114	0,0493	-0,1816	0,2711	-0,9986	0,02081	-0,0629	-0,7227	-0,0083	-0,0629	0,02061
5,6	0,112	0,0484	-0,1783	0,2712	-0,9987	0,02008	-0,0607	-0,7138	-0,0080	-0,0607	0,02008
5,7	0,11	0,0476	-0,1752	0,2713	-0,9987	0,01539	-0,0586	-0,7051	-0,0078	-0,0586	0,01939
5,8	0,109	0,0468	-0,1722	0,2713	-0,9988	0,02874	-0,0566	-0,6967	-0,0075	-0,0566	0,01874
5,9	0,107	0,046	-0,1693	0,2714	-0,9988	0,02811	-0,0547	-0,6884	-0,0072	-0,0547	0,01811
6	0,105	0,0452	-0,1665	0,2714	-0,9988	0,01752	-0,0529	-0,6804	-0,0070	-0,0529	0,01752
6,1	0,103	0,0445	-0,1638	0,2715	-0,9989	0,01695	-0,0512	-0,6727	-0,0068	-0,0512	0,01696
6,2	0,102	0,0438	-0,1611	0,2716	-0,9989	0,01642	-0,0495	-0,6651	-0,0066	-0,0495	0,01642
6,3	0,1	0,0431	-0,1586	0,2716	-0,9989	0,01590	-0,0480	-0,6577	-0,0064	-0,0480	0,01591
6,4	0,099	0,0424	-0,1561	0,2717	-0,9990	0,01542	-0,0465	-0,6504	-0,0062	-0,0465	0,01542
6,5	0,097	0,0418	-0,1537	0,2717	-0,9990	0,01495	-0,0451	-0,6434	-0,0060	-0,0451	0,01495

Lampiran 30. Hasil Analisis Stabilitas *Marshall* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Stabilitas

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.574	4	9	.015

ANOVA

Stabilitas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1484733.152	4	371183.288	13.907	.001
Within Groups	240210.752	9	26690.084		
Total	1724943.904	13			

Lampiran 31. Hasil Analisis *Flow Marshall* dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

Flow

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.137	4	9	.398

ANOVA

Flow

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.148	4	1.537	9.191	.003
Within Groups	1.505	9	.167		
Total	7.653	13			

Lampiran 32. Hasil Analisis *MQ Marshall* dengan *Anova*

Test of Homogeneity of Variances

MQ

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.221	4	9	.019

ANOVA

MQ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	481777.750	4	120444.438	9.599	.003
Within Groups	112933.463	9	12548.163		
Total	594711.213	13			

Lampiran 33. Hasil Analisis *VITM Marshall* dengan *Anova*

Test of Homogeneity of Variances

VITM

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.593	4	9	.677

ANOVA

VITM

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.989	4	12.747	29.128	.000
Within Groups	3.939	9	.438		
Total	54.927	13			

Lampiran 34. Hasil Analisis VFWA Marshall dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

VFWA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.264	4	9	.894

ANOVA

VFWA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	673.348	4	168.337	32.729	.000
Within Groups	46.291	9	5.143		
Total	719.639	13			

Lampiran 35. Hasil Analisis VMA Marshall dengan Anova

Test of Homogeneity of Variances

VMA

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.601	4	9	.672

ANOVA

VMA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36.299	4	9.075	28.449	.000
Within Groups	2.871	9	.319		
Total	39.170	13			

Lampiran 36. Hasil Analisis *IRS* dengan *Anova*

Test of Homogeneity of Variances

IRS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2533795519102 827.000	4	5	.000

ANOVA

IRS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	575.704	4	143.926	57.083	.000
Within Groups	12.607	5	2.521		
Total	588.311	9			

Lampiran 37. Hasil Analisis *ITS* dengan *Anova*

Test of Homogeneity of Variances

ITS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
9264185908477 84.600	4	5	.000

ANOVA

ITS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	109.170	4	27.293	7.258	.026
Within Groups	18.802	5	3.760		
Total	127.973	9			

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

Test of Homogeneity of Variances

Cantabro

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.536	4	8	.280

ANOVA

Cantabro

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	154.734	4	38.683	41.598	.000
Within Groups	7.439	8	.930		
Total	162.173	12			

Lampiran 39. Hasil Analisis Permeabilitas dengan Anova

ANOVA

Tekanan
1 : 1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	4	.000	2.508	.170
Within Groups	.000	5	.000		
Total	.000	9			

ANOVA

Tekanan
2 : 2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	4	.000	.787	.580
Within Groups	.000	5	.000		
Total	.000	9			

Lampiran 40. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Timbangan



Piknometer dan Aspal

Lampiran 41. Gambar Alat Pemeriksaan Penetrasi Aspal



Stopwatch



Cawan Berisi Aspal



Termometer



Senter



Mesin Uji

Lampiran 42. Gambar Alat Pemeriksaan Daktilitas Aspal



Mesin Uji



Termometer

Lampiran 43. Gambar Alat Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Mesin Uji



Termometer

Lampiran 44. Gambar Alat Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam TCE

Pengaduk

*Bekker Glass*

Kertas Saring



Larutan TCE



Timbangan



Alat Penghisap



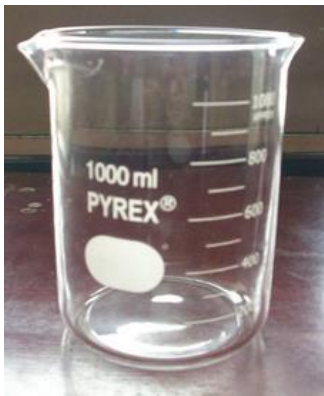
Oven



Aspal

Lampiran 45. Gambar Alat Pemeriksaan Titik Lembek Aspal*Stopwacht*

Termometer



Benjana Gelas



Mesin Uji



Cincin Kuningan

Lampiran 46. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Timbangan + Kawat Ranjang



Oven



Kain Lap

Lampiran 47. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Piknometer



Timbangan



Oven

Lampiran 48. Gambar Alat Pemeriksaan Berat Jenis *Filler*

Piknometer



Timbangan

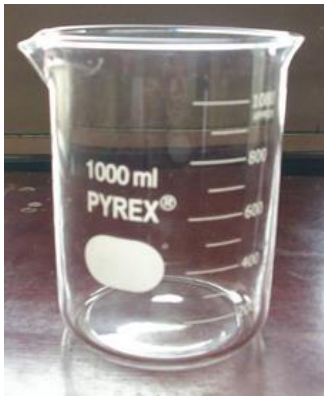
Lampiran 49. Gambar Alat Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal



Termometer



Oven



Benker Gelas

Lampiran 50. Gambar Alat Pemeriksaan Keausan Agregat



Timbangan



Mesin *Loss Angeles*



Bola Baja

Lampiran 51. Gambar Alat Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Slinder Ukur



Alat Uji

Larutan CaCl_2

Lampiran 52. Gambar Alat Pembuatan Benda Uji



Wajan dan Pengaduk



Alat Penumbuk



Mold



Ejektor

Lampiran 53. Gambar Alat Pengujian *Marshall* dan *IRS*

Mesin Uji



Timbangan dan Kawat Ranjang



Sarung Tangan



Kain Lap

*Waterbath*

Lampiran 54. Gambar Alat Pengujian ITS

Mesin Uji



Timbangan

Lampiran 55. Gambar Alat Pengujian *Cantabro*

Mesin *Loss Angeles*



Timbangan

Lampiran 56. Gambar Alat Pengujian Permeabilitas



Tabung Penampungan Air



Stopwatch



Mesin Uji

Lampiran 57. Gambar Benda Uji Penelitian

Dedak Padi

Material *RAP*

Minyak Goreng Bekas

Campuran *SMA 0/1*



PENGUJIAN PERMEABILITAS

No.	Benda Uji	Kode	Tekanan	
			1 : 1	2 : 2
			Waktu (menit/detik)	Waktu (menit/detik)
1.	P1	0	1' 21"	0' 30"
2.	P2		1' 09"	0' 34"
3.	P1	2	1' 58"	0' 46"
4.	P2		1' 47"	0' 28"
5.	P1	4	1' 06"	0' 24"
6.	P2		1' 02"	0' 26"
7.	P1	6	1' 52"	0' 29"
8.	P2		2' 06"	1' 05"
9.	P1	8	1' 00"	0' 29"
10.	P2		1' 57"	1' 19"

Yogyakarta, 12 Desember 2018

diperiksa oleh

Sani Primawista, A.Md