TUGAS AKHIR

PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN PEREMAJA ASPAL DAUR ULANG TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)* 0/11 DENGAN SERAT IJUK

THE EFFECT OF WASTE OIL AS A REJUVENATOR RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) TO CHARACTERISTIC OF SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 WITH PALM FIBER SELULOSE

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

AHMAD HANIF WILDANSYAH
15 511 115

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

2020

TUGAS AKHIR

PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN PEREMAJA ASPAL DAUR ULANG TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)* 0/11 DENGAN SERAT IJUK

THE EFFECT OF WASTE OIL AS A REJUVENATOR RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) TO CHARACTERISTIC OF SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 WITH PALM FIBER SELULOSE

Disusun Oleh

Ahmad Hanif Wildansyah

15 511 115

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

Diuji pada tanggal : 15 Oktober 2020

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Miftahul Fauziah S.T.,M.T.,Ph.D	**Subarkah, Ir., M.T.**	**Berlian Kushari, S.T.,M.Eng.**
NIK: 955110103	**NIK: 865110101**	**NIK: 015110101**

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama	: Ahmad Hanif Wildansyah
NIM	: 15 511 115
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Oli Bekas Sebagai Bahan Peremaja Aspal Daur Ulang Terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* Dengan Serat Ijuk

Penuh dengan kesadaran, saya telah memahami sebaik-baiknya dan menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun bebas dari segala bentuk plagiat. Apabila pada kemudian hari terbukti adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir yang saya susun ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Oktober 2020
Yang membuat pernyataan,



Ahmad Hanif Wildansyah
(15511115)

DEDIKASI



Puji syukur kepada Alloh SWT atas rahmat dan hidayah- Nya sehingga penulis dapat sampai juga pada tahap ini, melalui tulisan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga Penulis yaitu Bapak, Ibu dan Adik yang telah banyak memberi dukungan kepada penulis berupa motivasi, doa, dan materiil
2. Bapak/Ibu Dosen, Ka. Lab, Laboran, dan Staff Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang sangat membantu penulis dalam berproses di kampus ini.
3. Teman Temanku AMEREX dan keluarga Nuansa Studio 24 Rois, Adit, Fany, Babud, Halim, Chandra, Arief, Althaf, Argha, Ardhi, Fathur, Iqbal, Kevin, Angga, Bima, Aldo.
4. Keluarga "SIMALAS 15" yang selalu membantu, mengingatkan, menjadi teman diskusi dan bermain penulis selama menimba ilmu di teknik sipil. Semoga sukses dan sehat selalu kawan-kawan.
5. Seluruh rekan, kolega dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis selama ini.

"Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan;
"Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih"
(QS Ibrahim : 7)

TERIMA KASIH

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadirat Allah SWT tuhan semesta alam, yang mana atas segala rahmat dan hidayah Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja aspal daur ulang terhadap karakteristik campuran split mastic asphalt (SMA) 0/11 dengan serat ijuk.* Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

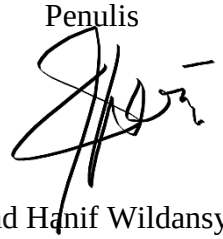
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Miftahul Fauziah S.T., M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikanya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Subarkah, Ir., M.T., selaku dosen penguji I dan Berlian Kushari, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji II Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari.
3. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Ir Subarkah M.T., selaku Kepala Laboratotium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sukamta HM dan Bapak Pranoto, selaku Laboran Laboratotium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Wiwik, selaku staff admisnistrasi 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. Rafi Fadhil Nugroho dan Tnorth Adhitya P selaku kelompok Tugas Akhir.
9. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikanya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 15 Oktober 2020
Penulis



Ahmad Hanif Wildansyah
(15511115)

DAFTAR ISI

COVER i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
DEDIKASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii
ABSTRAK xix
ABSTRACT xx
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II 6
TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Material *RAP* dan Bahan Peremaja 6
2.1.1 Residu oli Terhadap Bahan Baru dan *RAP* 6
2.1.2 Minyak Goreng Bekas untuk Bahan *RAP* 6
2.1.3 Solar Sebagai Peremaja Material *RAP* 7
2.1.4 Campuran Oli Bekas dan Solar untuk Peremaja Material *RAP* 7
2.2 *RAP* dan Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 7
2.2.1 *RAP* Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dan Ijuk 8
2.2.2 *RAP* Pada *SMA* dan Limbah Batubara 8
2.3 Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penulis 8

2.4 Perbedaan Penelitian yang telah dilaksanakan dan Penelitian Penulis 13
BAB III 14
LANDASAN TEORI 14
3.1 Perkerasan Jalan 14
3.1.1 Perkerasana Lentur *(Flexible Pavement)* 14
3.2 *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* 15
3.3 Oli Bekas 16
3.4 *Split Mastic Asphalt (SMA)* 16
3.5 Material Penyusun Perkerasan Lentur 19
3.5.1 Agregat 19
3.5.2 Aspal 21
3.5.3 *Filler* 22
3.5.4 Aditif 22
3.6 Kinerja Campuran Aspal 23
3.6.1 Kekesatan (*Skid Resistance*) 23
3.6.2 Kelenturan (*Fleksibilitas*) 24
3.6.3 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*) 24
3.6.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatique Resistance*) 24
3.6.5 Stabilitas 27
3.6.6 Kedap Air (*Impremeability*) 28
3.6.7 Keawetan (*Durability*) 28
3.7 Pengujian Perendaman (*Immersion Test)* 28
3.8 Indeks Durabilitas Pertama 29
3.9 Indeks Durabilitas Kedua 29
3.10 *Indirect Tensile Strength (ITS)* 30
BAB IV 32
METODE PENELITIAN 32
4.1 Metode Penelitian 32
4.2 Metode Pengambilan Sampel 32
4.3 Metode Pengambilan Data 33
4.4 Tahapan Penelitian 33
4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material 33
4.4.2 Persiapan Bahan dan Peralatan Pengujian 36
4.4.3 Perencanaan Campuran *(Mix Design)* 37

4.4.4 Pengujian *Marshall* 47
4.4.5 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*) 48
4.4.6 Pengujian *Indirect Tensile Stength (ITS)* 48
4.4.7 Pengujian *Indirect Retained Stength (IRS)* 48
4.4.8 Pengujian *Cantabro* 49
4.5 Analisis Data 49
4.6 Bagan Alir Metode Penelitian 54
BAB V 56
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 56
5.1 Hasil Pengujian Bahan dan Campuran 56
5.1.1 Hasil Karakteristik Material *RAP* 56
5.1.2 Hasil Karakteristik Aspal Baru 56
5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat 57
5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum 58
5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* Pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Oli Bekas Sebagai Peremaja Material *RAP* 65
5.2 Pembahasan 69
5.2.1 Karakteristik Material *RAP* 69
5.2.2 Karakteristik Aspal Baru 70
5.2.3 Karakteristik Agregat Kasar 72
5.2.4 Karakteristik Agregat Halus 73
5.2.5 Peninjauan Hasil Uji Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum 74
5.2.6 Kinerja Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dengan Peremaja Oli Bekas 82
5.2.7 Pengaruh kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap karakteristik *Index of Retained Strength* 92
5.2.8 Karakteristik *Tensile Strength* 96
5.2.9 Pengaruh Kadar Oli Bekas Terhadap Nilai *Cantabro Loss* 100
5.2.10 Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Karakteristik Campuran *SMA*102

BAB VI 105
KESIMPULAN DAN SARAN 105
6.1 Kesimpulan 105
6.2 Saran 107
DAFTAR PUSTAKA 109
LAMPIRAN 112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penelitian Penulis 9
Tabel 3.1 Persyaratan Spesifikasi Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 17
Tabel 3. 2 Spesifikasi Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 18
Tabel 3. 3 Spesifikasi Agregat Kasar 20
Tabel 3. 4 Spesifikasi Agregat Halus 20
Tabel 4. 1 Pengujian Agregat 34
Tabel 4. 2 Pengujian Aspal Pen 60/70 35
Tabel 4. 3 Syarat Gradasi *Filler* 35
Tabel 4. 4 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 38
Tabel 4. 5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5% 39
Tabel 4. 6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6% 40
Tabel 4. 7 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5% 40
Tabel 4. 8 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7% 41
Tabel 4. 9 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7,5% 41
Tabel 4. 10 Jumlah Benda Uji untuk Rencana Kadar Aspal Optimum (KAO) 42
Tabel 4. 11 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 0 % Kadar Aspal Optimum 7,34 % 43
Tabel 4. 12 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 2 % Kadar Aspal Optimum 7,34 % 43
Tabel 4. 13 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 3 % Kadar Aspal Optimum 7,37 % 44
Tabel 4. 14Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 4 % Kadar Aspal Optimum 7,38 % 44
Tabel 4. 15 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 5 % Kadar Aspal Optimum 7,37 % 45
Tabel 4. 16 Jumlah Benda Uji Pada KAO dengan Variasi Penggunan Oli Bekas 46

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material *RAP* 56
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70 57
Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar 57
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus 58
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 0 % 59
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 2 % 59
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 3 % 59
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 4 % 60
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 5 % 60
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian karakteristik *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA* 61
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA* 65
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* 65
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Immersion* Pada Campuran *SMA* 66
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) 67
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Cantabro* 67
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* Pada Pengujian *Marshall* 68
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* Pada Pengujian *ITS*, *Cantabro*, dan *IRS* 68
Tabel 5. 18 Kadar Aspal Pada Material *RAP* 69
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan Oli Bekas Sebagai Bahan Peremaja *RAP* 103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Struktur Lapis Perkerasan Jalan 14
Gambar 3. 2 Penyebaran Beban Roda kendaraan Melalui Perkerasan Jalan 15
Gambar 3. 3 Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 16
Gambar 3. 4 Spesfikasi Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 18
Gambar 3. 5 Komponen Penyusun *Asphalt* 22
Gambar 4. 1 Bagan Alir Proses Penelitian 54
Gambar 5. 1 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 0 % 62
Gambar 5. 2 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 2 % 62
Gambar 5. 3 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 3 % 63
Gambar 5. 4 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 4 % 63
Gambar 5. 5 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 5 % 64
Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas 75
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Flow* 76
Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *MQ* 77
Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VITM* 78
Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VFWA* 79
Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VMA* 80
Gambar 5. 12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Density* 81
Gambar 5. 13 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VITM* 83
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VFWA* 84
Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VMA* 85
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas Pada Kadar Aspal Optimum 86
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Solar dengan Nilai Stabilitas 87
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Flow* 88
Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai *Flow* 89

Gambar 5. 20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai MQ 90
Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Kadar Peremaja dengan Nilai *MQ* 91
Gambar 5. 22 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Density* 91
Gambar 5. 23 Grafik Pengaruh Kadar Oli Terhadap Stabilitas Perendaman 0,5 jam, 24 jam, 48 Jam 92
Gambar 5. 24 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai *IRS* 24 Jam dan 48 Jam 93
Gambar 5. 25 Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *IRS* 94
Gambar 5. 26 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama 95
Gambar 5. 27 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua 96
Gambar 5. 28 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Oli Bekas dengan Nilai *ITS Uncondition* dan *Condition* 97
Gambar 5. 29 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *TSR* 99
Gambar 5. 30 Grafik Hubungan Nilai *TSR* dan Persentase *RAP* 100
Gambar 5. 31 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Pengujian *Cantabro* 101
Gambar 5. 32 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *Cantabro Loss* 102
Gambar 5. 33 Grafik Persentase Optimum Penambahan Bahan Peremaja Pada Material *RAP* Terhadap Campuran *SMA* 104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal 113
Lampiran 2. Pemeriksaan Kelarutan 114
Lampiran 3. Form Pemeriksaan Daktilitas 115
Lampiran 4. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal 116
Lampiran 5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal 117
Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal 118
Lampiran 7. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal 119
Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregta Kasar 120
Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 121
Lampiran 10. Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng 122
Lampiran 11. Pemeriksaan *Sand Equivalent* 123
Lampiran 12. Pemeriksaan Keausan Agregat 124
Lampiran 13. Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pada Material *RAP* 125
Lampiran 14. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pada Material *RAP* 126
Lampiran 15. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 0% 127
Lampiran 16. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 0% 128
Lampiran 17. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 2% 129
Lampiran 18. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 2% 130
Lampiran 19. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 3% 131
Lampiran 20. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 3% 132

Lampiran 21. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 4% 133
Lampiran 22. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 4% 134
Lampiran 23. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 5% 135
Lampiran 24. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 5% 136
Lampiran 25. Hasil Pengujian *Marshall* 0,5 Jam dengan KAO 137
Lampiran 26. Hasil Pengujian *IRS* 24 Jam dengan KAO 138
Lampiran 27. Hasil Pengujian *IRS* 48 Jam dengan KAO 139
Lampiran 28. Hasil Grafik Pengujian *IRS* 24 Jam dan 48 Jam dengan KAO 140
Lampiran 29. Pengujian *Indirect Tensile Strength Uncondition* dengan KAO 141
Lampiran 30. Pengujian *Indirect Tensile Strength Condition* dengan KAO 142
Lampiran 31. Grafik Pengujian *Indirect Tensile Strength Uncondition* dan *Condition* dengan KAO 143
Lampiran 32. Rekapitulasi Perhitungan *Tensile Strength Ratio* 144
Lampiran 33. Grafik Tensile Strength Ratio 145
Lampiran 34. Pengujian *Cantabro* dengan KAO 146
Lampiran 35. Hasil Grafik Pengujian *Cantabro* dengan KAO 147
Lampiran 36. Pengujian Durabilitas 24 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas 148
Lampiran 37. Pengujian Durabilitas 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas 149
Lampiran 38. Grafik Pengujian Durabilitas 24 Jam dan 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas 150
Lampiran 39. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova (Test of Homogenity of variances)* 151
Lampiran 40. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova* 152

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SMA	*: Split Mastic Asphalt*
RAP	*: Reclaimed Asphalt Pavement*
AMP	*: Asphalt Mixing Plant*
IRS	: *Index of Retained Strength*
ITS	: *Index of Tensile Strength*
IDP	: Indek Durabilitas Pertama
IDK	: Indek Durabilitas Kedua
VMA	: *Voids in the Mineral Agregate*
VITM	: *Voids in the Mix*
VFWA	: *Volume of Void Filled with Asphalt*
MQ	: *Marshall Quetient*
ASTM	: *American Standart Testing and Material*
SNI	: Standar Nasional Indonesia
V_{mb}	: volume *bulk*
Gsb	: berat jenis *bulk* total agregat
P_1, P_2, P_n	: persen berat masing-masing agregat
G_1, G_2, G_n	: persen berat jenis masing-masing agregat
G_{se}	: berat jenis efektif total agregat,
G_{mm}	: berat jenis maksimum campurran aspal (tanpa rongga),
P_{mm}	: persentase berat dari total campuran yang belum padat,
P_b	: kadar aspal, persen berat total dari campuan,
G_b	: berat jenis aspal.

P_s : kadar agregat, persen berat total dari campuran,

c : berat benda uji sebelum direndam (gr),

d : berat benda uji jenuh air (gr),

e : volume benda uji di dalam air (ml),

f : volume benda uji (ml),

BD = G : berat volume benda uji

Bk : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat piknometer berisi air (gr)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

qs : nilai stabilitas,

p : pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*,

q : angka koreksi benda uji

g : berat volume benda uji / nilai *density* (gr/cc),

h : berat jenis maksimum teoritis (gr/cc).

MSi : stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) (Kg),

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

γair : berat jenis air (kg/cm^3),

CALi : *Cantabro Abrasion Loss* (%),

mi1 : berat mula-mula benda uji *(specimen)* (gr)

mi2 : berat benda uji *(specimen)* setelah pengujiian (gr).

ABSTRAK

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan hasil pengerukan perkerasan jalan lama yang biasa digunakan sebagai urukan dan bahkan menjadi limbah. Material *RAP* yang tidak terpakai lagi dapat digunakan sebagai bahan tambah pembuatan beton aspal baru dengan peremaja. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh oli bekas kendaraan bermotor sebagai peremaja *RAP* pada kinerja gradasi campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dengan penambahan serat ijuk sebagai *strengthening* terhadap karakteristik *Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss*

Penelitian ini dilakukan terlebih dahulu dengan menguji karakteristik material *RAP* dan agregat baru, kemudian menentukan kadar aspal optimum (KAO) tiap variasi kadar peremaja 0%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pemeriksaan selanjutnya adalah pengujian karakteristik *Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss* dengan berpedoman sesuai spesifikasi Bina Marga 2010, Bina Marga 1987, dan *Asphalt Institute 1993*.

Hasil dari penelitian diperoleh bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja 0% hingga 5% cenderung menurunkan beberapa nilai parameter karakteristik *Marshall* diantaranya nilai dari stabilitas, *VITM*, *VMA*, dan *MQ*. Namun kadar peremaja oli bekas justru relatif meningkatkan nilai dari *Flow, VFWA*, dan *Density* pada campuran *Split Mastic Asphalt 0/11*. Nilai *IRS* masing masing diperoleh yaitu untuk *IRS* 24 jam didapatkan persentase sebesar 95,65%, 94,79%, 94,61%, 94,34%, dan 93,91%, untuk *IRS* 48 jam diperoleh hasil sebesar 88,33%, 87,77%, 87,73%, 86,88%, dan 86,15%. Nilai *IRS* Pada perendaman 24 jam nilai *IRS* untuk setiap variasi masih memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu minimum 90%, sedangkan nilai *IRS 48* jam tidak memenuhi spesifikasi karena < 90%. Nilai nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* yang seiring bertambahnya kadar peremaja nilai TSR relatif menurun dengan nilai yang didapat adalah 85,2%, 88,5%, 87,2%, 85,3%, 85,4%. Hasil setiap variasi kadar peremaja untuk nilai *TSR* yang ditambahakan masih memenuhi syarat *Asphalt Institute* yaitu > 80%.Nilai *Cantabro Loss* masih memenuhi spesifkasi yang didapatkan relatif < 20% dengan nilai yang diperoleh pada puncak paling sedikit kehilangan pada peremaja 3% sebesar 2,076%.

Kata kata kunci: Kinerja, oli bekas, peremaja, *reclaimed asphalt pavement (RAP), split mastic asphalt (SMA),*

ABSTRACT

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is the result of the dredging of old road pavements that are commonly used as an outspoken and even a waste. The unused RAP material can be used as an added material for the new asphalt concrete with the reigns. This research aims to determine the effect of the former motor vehicle oil as a RAP in the mixed gradation of Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 with the addition of fiber-fibre as the Mastic characteristic of Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss

This research is done first by testing the characteristics of new RAP and aggregate material, then determine the optimum asphalt level (KAO) of each variation of the rate of 0%, 2%, 3%, 4%, and 5%. Further examination is characteristic of Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss with the guidelines used according to the specifications of Bina Marga 2010, Bina Marga 1987, and Asphalt Institute.

The results of the study were obtained along with increasing levels of the rate of 0% to 5% tends to reduce some of the value of the characteristic parameters Marshall including the value of stability, VITM, VMA, and MQ. However, the used oil level is relatively increased the value of Flow, VFWA, and Density in the mix of Split Mastic Asphalt 0/11. The IRS ' value from this study was obtained for the 24-hour IRS gained percentages of 95.65%, 94.79%, 94.61%, 94.34%, and 93.91%, for the IRS 48 hours earned results of 88.33%, 87.77%, 87.73%, 86.88%, and 86.15%. IRS value at immersion the 24-hour IRS value for each variation still meets the specification requirements of Bina Marga 2010 i.e. minimum 90%, while the IRS value of 48 hours does not meet the specifications due to the < 90%. The value of Tensile Strength Ratio (TSR), along with increasing rates of the value of the TSR is relatively decreased by the value obtained is 85.2%, 88.5%, 87.2%, 85.3%, 85.4%. The result of each variation of the rate of the rating for the value of the TSR added is still eligible for the Asphalt Institute is > 80%. Cantabro Loss value still meet the specificity obtained relative < 20% with the value gained at the peak least lost at a 3% of 2.076%.

Keywords: *perfomance, reclaimed asphalt pavement (RAP), rejuvenator, split mastic asphalt (SMA), used oil*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan merupakan bagian penting dalam konstruksi jalan yang menunjang kinerja kekuatan jalan untuk menerima beban layan yang diterima dalam kehidupan sehari hari. Seiring dengan berjalannya waktu penigkatan volume kendaraan lalu lintas akibat pertumbuhan penduduk dapat menyebabkan berkurangnya tingkat layan jalan terhadap beban yang melintas setiap waktunya, sehingga lapis perkerasan jalan yang tidak dapat menahan beban layan yang semakin meningkat dapat berakibat pada kerusakan lapis perkerasan dan berdampak pada ketidaknyamanan serta keamanan dalam berkendara.

Kerusakan jalan yang terjadi sebelum habis umur rencana seperti retak, alur (bekas roda kendaraan), dan *bleeding* telah banyak dilakukan perbaikan lapis perkerasan menggunakan berbagai inovasi penelitian. Inovasi - inovasi yang telah dikembangkan yang mampu menghasilkan kualitas sesuai standar menggunakan bahan material yang ramah lingkungan dan efisien. Salah satu metode perbaikan perkerasan jalan yang sering dilakukan adalah metode daur ulang. Limbah dari lapisan perkerasan jalan yang dimanfaatkan pada metode daur ulang sering disebut *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*).

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan bagian bongkaran limbah aspal yang telah diangkat dari lapis perkerasan jalan dengan menggunakan alat penggaruk (*milling*). Seiring berkembangnya teknologi dalam proses pemanfaatan yang diaplikasikan, material *RAP* digunakan kembali sebagai bahan utama untuk pembuatan campuran aspal baru agar meminimalisir penggunaan agregat dan bahan ikat lainnya. Pelaksanaan dalam metode daur ulang dengan menggunakan material *RAP* perlu ditambahkan bahan peremaja yang digunakan sebagai pemulihan sifat aspal seperti semula yaitu dengan menggunakan bahan peremaja berupa oli bekas.

Ketersediaan oli bekas yang banyak dijumpai masih minim pemanfaatan bahan tersebut. Praktiknya oli bekas termasuk dalam limbah bahan berbahaya dan beracun yang perlu dilakukan penanganan khusus dalam menanggulangi, salah satu cara yaitu dengan penggunaan kembali limbah tersebut sebagai kebutuhan material konstruksi jalan. Oli bekas yang tersedia didapatkan dengan mudah di bengkel bengkel kendaraan bahkan dalam jumlah yang banyak dan relatif murah. Campuran kompleks hidrokarbon dan senyawa kimia yang terkandung dalam oli bekas salah satu diantaranya adalah resin, mampu digunakan sebagai bahan peremaja karena senyawa resin yang ada pada oli bekas juga sebagai bahan penyusun pada aspal, maka oli bekas ditambahkan pada material *RAP* untuk memulihkan sifat *RAP* sehingga seperti aspal baru.

Peningkatan kualitas prasarana transportasi berupa konstruksi jalan sangat diperlukan. konstuksi tersebut sebaiknya mempunyai daya tahan tinggi dan kuat, maka dibutuhkan jenis campuran beton aspal yang mampu dalam menahan beban layan kendaraan yang lewat. Jenis campuran beton aspal yang dianggap mempunyai daya tahan tinggi dan kuat adalah *Split Mastic Asphalt* (*SMA*).

Split Mastic Asphalt (*SMA*) merupakan campuran beton aspal panas yang begradasi terbuka dengan terdiri dari campuran aspal, bahan tambah,dan agregat. Agregat yang mempuyai persentase terbesar yaitu adalah agregat kasar hingga 70% dari total campuran, sehingga pokok sumber kekuatan campuran tersebut berasal dari agregat. Selain itu, untuk menstabilkan kadar aspal yang tinggi dalam campuran *SMA* diperlukan bahan adtif yaitu serat selulosa berupa ijuk.

Ijuk adalah serat yang diambil dari kulit pohon aren dengan warna hitam. Serat ijuk merupakan serat selulosa alami yang dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam campuran *SMA*. Bahan ini dipilih karena mempunyai sifat elastis, keras, tahan air, dan sulit dicerna oleh organisme perusak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik kualitas bahan campuran daur ulang lama (*RAP*)?
2. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat ijuk?
3. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap nilai *Index of Retained Strength* (*IRS)* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk?
4. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap nilai *Index of Tensile Strength* (*ITS)* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk?
5. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap uji *Cantabro* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, maka diperoleh tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik kualitas bahan campuran daur ulang lama (*RAP*).
2. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat ijuk.
3. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap nilai *Index of Retained Strength* (*IRS)* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk.
4. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap nilai *Index of Tensile Strength* (*ITS)* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk.

5. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* terhadap uji *Cantabro* campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat diperoleh adalah sebagai berkut.

1. Mengetahui dan menginformasikan tentang pengaruh penambahan oli bekas pada material *RAP* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*).
2. Secara teoritis penelitian ini untuk mengungkap tentang pemanfaatan material *RAP* dengan oli bekas sebagai bahan peremaja yang digunakan kembali untuk meminimalisir penggunaan material agregat, aspal serta mengurangi limbah hasil pengangkatan perkerasan jalan bahkan oli bekas pakai kendaraan bermotor.
3. Manfaat lain secara praktis yaitu penelitian ini dapat digunakan dan diaplikasikan di lapangan dengan metode daur ulang bahan material *RAP* yang ditambahkan bahan peremja berupa oli bekas, sehingga didapatkan konstruksi jalan berkualitas dapat menahan beban layan kendaraan yang berat.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Campuran aspal yang dipakai pada penelitian ini yaitu jenis campuran beton aspal *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) *grade* 0/11.
2. Aspal pertamina pen 60/70 digunakan sebagai bahan ikat aspal.
3. Agregat yang dipakai pada penelitian ini yaitu agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir yang didapatkan dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bahan *RAP* diperoleh dari *core milling* perbaikan Jalan Wates Kulon Progo.

5. Serat selulosa yang dipakai pada penelitian ini adalah serat ijuk yang diperoleh dari toko bangunan yang ada di Jalan Palagan Tentara pelajar, D. I. Yogyakarta.
6. Oli bekas pakai kendaraan bermotor diperoleh dari bengkel vespa yang berada di daerah Condongcatur, Sleman, D. I. Yogyakarta.
7. Pemanfaatan material *RAP* digunakan persentase sebesar 25 % dari total campuran sesuai dengan *The Asphalt Institute* yaitu 10% - 35%..
8. Variasi pemanfaatan oli bekas sebagai bahan peremaja digunakan persentase sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, 5% terhadap berat aspal lama pada *RAP*.
9. Pengujian karakteristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, dan *Cantabro* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material *RAP* dan Bahan Peremaja

Metode pelaksanaan aspal daur ulang meggunakan jenis bahan peremaja satu dengan yang lain menghasilkan karakteristik aspal yang berbeda. Daur ulang aspal mempunyai tujuan untuk memulihkan karakteristik aspal lama mendekati sifat aspal baru, dimana pemanfaatan tersebut dapat mengurangi penggunaan material agregat dan aspal untuk kebutuhan konstruksi jalan. Sebagai acuan untuk penelitian sekarang berikut adalah penellitian terdahulu.

2.1.1 Residu oli Terhadap Bahan Baru dan *RAP*

Penelitian ini dilaksankan oleh Ambarwati (2010), yang meneliti tentang kuat tekan beton terhadap karakteristik aspal dengan mengguakan modifikasi bahan agregat baru dan *RAP* serta penambahan menggunakan peremaja berupa oli bekas. Berdasarkan pengujian penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa penambahan residu oli menyebabkan kuat tekan bebas beton aspal turun.

2.1.2 Minyak Goreng Bekas untuk Bahan *RAP*

Penelitian ini dilaksankan oleh Alfathli (2019) tentang pengaruh penambahan minyak goreng bekas pakai di restoran dan rumah makan sebagai bahan peremaja untuk bahan *RAP*. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu berupa penambahan minyak goreng bekas pakai sebagai peremaja bahan *RAP* terhadap karakteristik campuran *SMA* mempunyai kadar peremaja optimum sebesar 4,95 % terhadap berat aspal pada material *RAP* dengan rentang kadar peremaja yang disarankan 4,2% hingga 5,7%.

Nono (2016) melakukan perbandingan penelitian penggunaan bahan peremaja untuk aspal daur ulang menggunakan bahan petrokimia, minyak goreng, dan bitumen aspal. Hasil dari studi yang dilakukan didapatkan hasil bahwa penggunaan material *RAP* dalam campuran beton aspal tanpa menggunakan bahan peremaja maksimum adalah 10%. Sesuai hasil pengujian terhadap ketahan

deformasi dan fatik , untuk penggunaan material *RAP* dengan bahan peremaja yang terbaik dari perbandingan penelitian yaitu *RejIRE* dapat mencapai 30% penambahan yang digunakan dalam campuran.

2.1.3 Solar Sebagai Peremaja Material *RAP*

Penelitian ini dilakukan oleh Kasan (2009) yang meninjau pengaruh penambahan minyak solar terhadap kinerja campuran beton aspal daur ulang. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa semakin banyak penambahan bahan peremaja minyak solar yang ditambahkan pada campuran aspal daur ulang menurunkan nilai stabilitas campuran tersebut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifat sifat kepadatan campuran yang semakin kecil. Penambahan bahan peremaja yang semakin banyak pada campuran beton aspal daur ulang juga menyebabkan nilai kepadatan menurun yang kemungkinan disebabkan oleh hilangnya daya lekat aspal terhadap agregat dan kurang baiknya gaya saling mengunci antar partikel agregat. Kadar maksimum yang masih memenuhi spesifikasi nilai staiblitas *Marshall* diperoleh nilai sebsar 35,29%.

2.1.4 Campuran Oli Bekas dan Solar untuk Peremaja Material *RAP*

Penelitian ini dilakukan oleh Sumantri dkk (2014) yang meneliti mengenai pegaruh campuran antara oli bekas dan solar sebagai bahan peremaja untuk material *RAP*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu semakin banyak penambahan bahan peremaja menyebakan penurunan terhadap nilai stabilitas campuran aspal. Stabilitas optimum yang dapat dicapai sebesar 236,17 kg dengan kadar peremaja opotimum pada 2,93%, sedangkan nilai stabilitas mengalami penurunan sebesar 81,93% dibandingkan dengan nilai stabilitas hasil *core drill.*

2.2 *RAP* dan Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)

Pemanfaatan *RAP* yang ditambahkan bahan peremaja sudah banyak dilakukan terhadap berbagai macam campuran beton aspal salah satunya yaitu pada campuran aspal yang digunakan berupa *Split Mastic Aspal (SMA).* Berikut

adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan sebagai acuan penelitian sekarang tentang pengaruh *RAP* terhadap campuran *SMA*.

2.2.1 *RAP* Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dan Ijuk

Penelitian ini dilakukan oleh Rif'an (2016), penelitian ini megulas tentang pengaruh penggunaan *RAP* terhadap campuran *SMA* dengan penambahan ijuk. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil yaitu penambahan penggunaan *RAP* yang semakin meningkat menyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* juga semakin naik sedangkan untuk *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Quetient*) cenderung turun. Selain itu, hasil juga menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk yang meningkat menyebabkan *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Quetient*) juga meningkat sedangkan nilai *VFWA*, dan *Flow* menurun. Kadar *RAP* yang memenuhi spesifikasi *SMA grading* 0/11 sebesar 42% dari total campuran dengan 0,4% kadar serat.

2.2.2 *RAP* Pada *SMA* dan Limbah Batubara

Penelitian ini dilaksanakan oleh Mustofa (2016) yang megulas tentang pengaruh penggunaan *RAP* terhadap campuran *SMA* dengan penambahan limbah batu bara. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil yaitu penambahan penggunaan *RAP* yang semakin meningkat menyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* juga semakin naik sedangkan untuk *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Quetient*) cenderung menurun. Selain itu, semakin meningkatnya kadar *filler* batubara, maka meyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* meningkat juga, sedangkan menurunkan nilai *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Question*).

2.3 Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penulis

Berdasarkan banyaknya penelitian terdahulu tentang pemanfaatan *RAP* dan penggunaan bahan peremaja terhadap campuran beton aspal yang telah dilakukan, maka dibandingkan dengan penelitian penulis. Berikut adalah perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan PenelitianPenulis

No	Aspek	Peneliti					
		Ambarwati (2010)	Sumantri dkk (2014)	Mustofa (2016)	Rif'an (2016)	Alfathli (2019)	Penulis (2019)
1	Judul Penelitian	Kajian Kuat Tekan Terhadap Karakteristik Aspal Beton Pada Campuran Hangat Dengan Modifikasi Agregat Baru-*RAP* Dan Aspal Residu Oli	Pengaruh Peremaja Oli Bekas Dan Solar Terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang Dengan Asbuton	Pengembangan Campuran Bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* Menggunakan Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Dan Limbah Batubara	Pengembangan Campuran *Split Mastic Asphalt* Menggunakan Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement* Dan Ijuk	Pengaruh Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Terhadap Campuran Aspal Bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*	Pengaruh Oli Bekas Sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Terhadap Campuran Aspal Bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 Dengan Serat Ijuk

Sumber: Ambarwati (2010), Sumantri dkk (2014), Mustofa (2016), Rif'an (2016), Alfathli (2019)

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penelitian Penulis

No	Aspek	Peneliti					
		Ambarwati (2010)	Sumantri dkk (2014)	Mustofa (2016)	Rif'an (2016)	Alfathli (2019)	Penulis (2019)
2	Tujuan Penelitian	Mengetahui pola hubugan antara kuat tekan bebas campuran beton aspal dengan penambahan kadar residu oli	Mengetahui pengaruh penambahan oli bekas dan solar pada aspal daur ulang dengan asbuton terhadap kinerja campuran	Mengetahui pengaruh penggunaan *RAP* dan *filler* limbah batubara terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)	Mengetahui penagruh penggunan *RAP* dan serat ijuk terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)	Mengetahui pengaruh penambahan minyak goreng bekas sebagai bahan peremaja *RAP* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)	Mengetahui pengaruh penambahan oli bekas sebagai bahan peremaja *RAP* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat ijuk
3	Jenis Campuran	Laston	Laston	*Split Mastic Asphalt*	*Split Mastic Asphalt*	*Split Mastic Asphalt*	*Split Mastic Asphalt*
4	Bahan Peremaja	Residu oli	Oli bekas dan solar			Minyak goreng bekas	Oli bekas
5	Serat Selulosa			Dedak padi	Ijuk	Dedak padi	Ijuk

Sumber: Ambarwati (2010), Sumantri dkk (2014), Mustofa (2016), Rif'an (2016), Alfathli (2019)

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penelitian Penulis

No	Aspek	Peneliti					
		Ambarwati (2010)	Sumantri dkk (2014)	Mustofa (2016)	Rif'an (2016)	Alfathli (2019)	Penulis (2019)
6	Parameter Uji	*Unconfined Compressive Strength Test* (UCST), penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas.	Karakteristik *Marshall, Core Drill Test*	Karakteristik *Marshall*, abrasi *Los Angeles*, absorpsi, *sand equivalent*, penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas.	Karakteristik *Marshall*, keausan, absorpsi, *sand equivalent*, penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas.	Penetrasi, titik lembek, abrasi *Los Angeles*, *sand equivalent*, karakteristik *Marshall*, Permeabilitas, *Index of Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Stremgth (ITS), Cantabro Loss*	Karakteristik *Marshall*, Permeabilitas, *Index of Retained Strength (IRS), Indirect Tensile Stremgth (ITS), Cantabro*

Sumber: Ambarwati (2010), Sumantri dkk (2014), Mustofa (2016), Rif'an (2016), Alfathli (2019)

Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian yang Sudah dilaksanakan dan Penelitian Penulis

No	Aspek	Peneliti					
		Ambarwati (2010)	Sumantri dkk (2014)	Mustofa (2016)	Rif'an (2016)	Alfathli (2019)	Penulis (2019)
7	Hasil Penelitian	Penambahan kandungan residu oli pada campuran menyebabkan penurunan nilai kuat tekan bebas	Kadar peremaja optimum didapatkan sebesar 2,93% dengan proporsi peremajanya pada komposisi 75:25 (oli bekas : solar) dengan hasil nilai stabilitas maksimumnya 236,17 kg, serta nilai stabilittas mengalami penurunan 81,93% dari hasil *core drill.*	Semakin meningkatnya kadar *filler* batubara, maka meyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* meningkat juga sedangkan menurunkan nilai *VMA, VIM,* stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Question*).	Kadar *RAP* yang memenuhi spesifikasi *SMA grading* 0/11 sebesar 42% dari total campuran dengan 0,4% kadar serat. .	Pengaruh penambahan minyak goreng bekas pakai pada campuran *RAP* – Aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) gradasi 0/11* diperoleh kadar peremaja optimum sebesar 4,95% terhadap berat aspal pada material *RAP*.	Pengaruh penambahan kadar peremaja oli bekas pada campuran *RAP*- Aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* diperoleh hasil kadar peremaja optimum pada rentang 2% - 3% terhadap berat aspal lama material *RAP*

Sumber: Ambarwati (2010), Sumantri dkk (2014), Mustofa (2016), Rif'an (2016), Alfathli (2019)

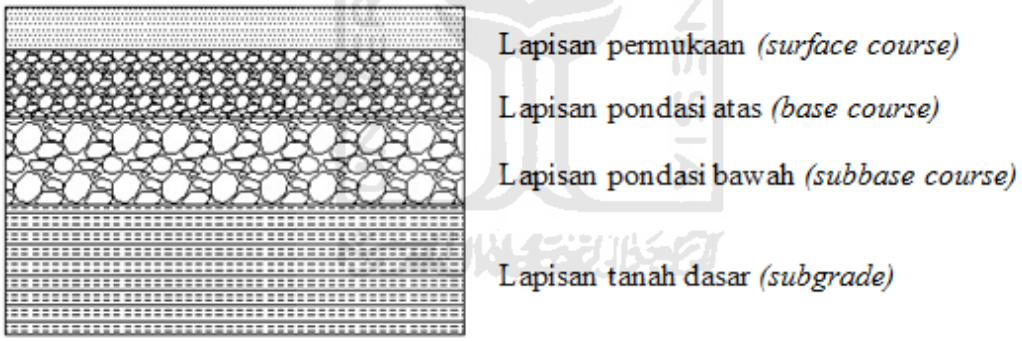
2.4 Perbedaan Penelitian yang telah dilaksanakan dan Penelitian Penulis

Perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah bahwa penelitian ini menggunakan bahan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* berasal dari hasil bongkaran pengerukan perbaikan Jalan Wates, Kulon Progo, D. I. Yogyakarta. Bahan peremaja yang digunakan untuk memulihkan sifat aspal daur ulang berupa oli bekas kendaraan bermotor dengan persentase variasi dipakai sebesar 0%; 2%; 3%, 4%, dan 5%. Parameter uji yang digunakan pada penelitian ini adalah karakteristik *Marshall*, nilai *Index of Retained Strength* (*IRS), Index of Tensile Strength* (*ITS),* dan *Cantabro* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan serat selulosa yang dipakai yaitu serat selulosa alami berupa ijuk.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Jalan adalah sarana dan prasarana yang penting dalam kehidupan sehari hari dalam berlalu lintas dimana pada bagian jalan perlu adanya perkerasan jalan. Perkerasan jalan merupakan bagian yang terletak antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan dimana mempunyai fungsi memberikan kenyamanan dan keamanan dalam masa pelayanannya serta tidak menimbulkan kerusakan. Perkerasan jalan mempunyai tiga jenis diantaranya adalah perkerasan lentur (*flexible pavmement)*, perkerasan kaku (*rigid pavement)*, perkerasan komposit *(comosite pavement)*. Berikut adalah Gambar 3.1 struktur lapis perkerasan jalan.



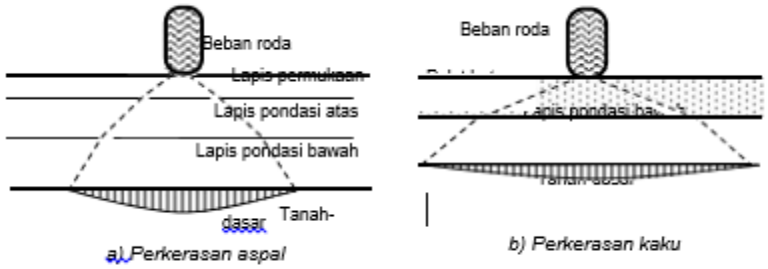
Gambar 3. 1 Struktur Lapis Perkerasan Jalan

(Sumber : Sukirman, 1999)

3.1.1 Perkerasana Lentur *(Flexible Pavement)*

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak roda berupa beban terbagi merata. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi beban yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan

yang diletakkan di atas lapisan tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya (Simanjuntak,dkk;2014). Berikut adalah Gambar 3.2 penyebaran beban roda kendaraan melalui perkerasan jalan.



Gambar 3. 2 Penyebaran Beban Roda kendaraan Melalui Perkerasan Jalan

(Sumber : Prasetyo, 2012)

3.2 *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan bagian dari limbah bongkaran perkerasan jalan yang telah dilakukan pengerukan dengan menggunakan alat penggaruk *(milling)*. Pengerukan yang dilakukan sehingga memperoleh material *RAP* dikarenakan perkerasan jalan yang lama sudah tidak dapat lagi menahan beban rencana dan mengalami kerusakan atau dapat dikatakan umur layannya sudah habis.

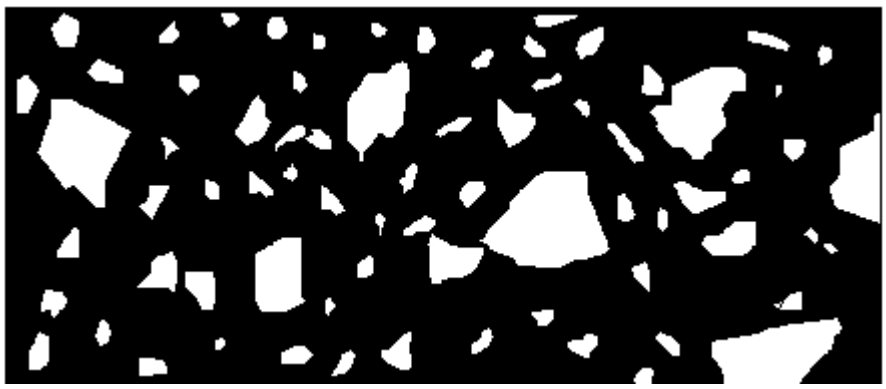
Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) pada umumnya dapat digunakan sebagai bahan material pembuatan perkerasan baru, namun penggunaan *RAP* ini mempuyai kekurangan yaitu dari segi kualitasnya. Pemanfaatan *RAP* perlu dipulihkan kembali sifat propertisnya agar mendapatkan kualitas yang sesuai standar dengan cara menambahkan material *RAP* dengan bahan peremaja yaitu berupa oli bekas. Bahan peremaja dan *filler* digunakan sebagai tambahan campuran pada material *RAP* sehingga nilai kepadatan dapat ditingkatkan karena terjadi ikatan antar partikel *filler* dan bitumen, serta dapat mengurangi pengaruh air pada campuran.

3.3 Oli Bekas

Oli bekas merupakan oli yang telah digunakan sebagai pelumas untuk mesin kendaraan bermotor. Senyawa hidrokarbon pada oli sebagai dampak pada penggunaan di mesin kendaraan bermotor termasuk dalam limbah bahan berbahaya dan beracun, dimana perlu pengolahan khusus untuk menanganinya. Ciri - ciri yang tampak langsung dari oli bekas terlihat berwarna hitam pekat dan kotor serta mempunyai bau khas yang tidak enak akibat dari proses reaksi oksidasi yang terjadi pada saat pemakaian di kendaraan bermotor.

3.4 *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran beton aspal panas dengan gradasi terbuka yang terdiri dari campuran aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Campuran ini mempunyai agregat kasar dengan jumlah fraksi yang relatif tinggi, sedangkan bahan tambah yang sering digunakan pada campuran ini berupa serat selulosa. Serat selulosa yang digunakan pada campuran *SMA* untuk menstabilkan campuran beton aspal dan memberikan ketahanan terhadap oksidasi, retak, serta *bleeding* yang disebabkan muatan berlebih dan keausan akibat roda kendaraan. Berikut adalah gambar ilustrasi campuran *Split Mastic Asphalt (SMA).*



Gambar 3. 3 Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)

(Sumber : Freddy , 1996 dalam Tahir, 2011)

SMA juga dapat didefinisikan sebagai jenis beton aspal yang mempunyai kandungan agregat kasar ± 70% dan *filler* ± 11%. Campuran *SMA* juga mempunyai beberapa karakteristik diantaranya lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai *skid resistance* tinggi karena kadar agegat kasarnya besar dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi dan distabilisasi dengan serat, sehingga dapat melayani beban kendaraan yang besar. Campuran *SMA* mempunyai beberapa jenis campuran salah satunya adalah jeins *SMA* 0/11. Jenis campuran *SMA* 0/11 ini digunakan untuk lapis aus *(wearing course)* pada perkerasan jalan dengan tebal 3 – 5 cm (Gregorius dkk, 2012). Berikut adalah persyaratan spesifikasi yang digunakan dalam campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dan rancangan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dapat dlihat pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Gambar 3.4 .

Tabel 3.1 Persyaratan Spesifikasi Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)

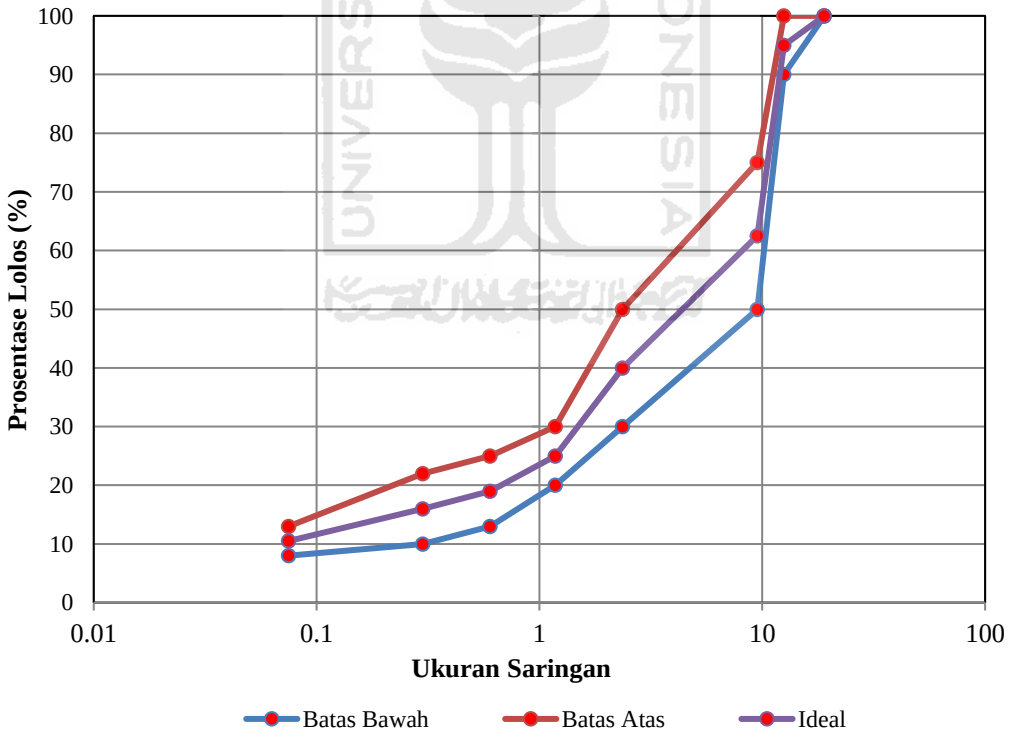
No	Jenis Pemeriksaan	*Split Mastic Asphalt*	
		Minimum	Maksimum
1	Stabilitas (Kg)	670	-
2	*Flow* (mm)	2	4
3	*Marshall Quotient* (KN)	1,9	3,0
4	*VITM* (%)	3	5
5	Kadar aspal efektif (%)	6	-
6	Kadar penyusutan aspal (%)	-	1,5
7	Kadar aspal total (%)	6,5	-
8	Kandungan serat selulosa,(%)(% total campuran dalam serat)	0,3	
9	Stabilitas *Marshall* setelah perendaman 18 jam pada 60^{o}C(% dari stabilitas aspal)(Kg)	75	-

Sumber : Puslitbang (1999) dalam Alfathli (2019)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)

NO	Ukuran Saringan		Spesfikasi Lolos Saringan (%)	
	mm	Saringan	Range	Ideal
1	19	(3/4")	100	100
2	12,5	(1/2")	90 – 100	95
3	9,5	(3/8")	50 – 75	62,5
4	4,75	(No.4)	30 – 50	40
5	2,36	(No.8)	20 – 30	25
6	0,6	(No.30)	13 – 25	19
7	0,3	(No.50)	10 – 20	15
8	0,075	(No.200)	8- 13	10,5

Sumber : Mustofa (2016)



Gambar 3. 4 Spesfikasi Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*)

(Sumber: Bina Marga, 1983)

3.5 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Campuran aspal dalam perkerasan jalan memerlukan beberapa material diantaranya agregat kasar, agregat halus, dan dapat ditambahkan bahan tambah *(filler)*. Berikut adalah beberapa bahan atau material penyusun yang ada dalam campuran perkerasan jalan.

3.5.1 Agregat

Agregat adalah salah satu komponen struktur perkerasan jalan beraspal yang mempunyai persentase yang paling besar. Oleh karena itu, kualitas perkerasan jalan beraspal sangat dipengaruhi oleh kualitas dari agregat itu sendiri. Kualitas agregat sebagai komponen struktur perkerasan jalan beraspal ditentukan oleh gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya kelekatan terhadap aspal. Agregat dapat berupa butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam ataupun yang berbentuk mineral padat dengan berbagai ukuran. Berdasarkan ukurannya agregat dibagi menjadi 3 yaitu agregat kasar, agregat halus, dan *filler* (Sarwono, dkk., 2018). Berikut adalah penjelasan tentang pembagian agregat berdasarkan ukuran.

1. Agregat halus, merupakan agregat yang tertahan saringan No.4, dimana diameter saringan sebesar 4,75 mm dan terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah.
2. Agregat kasar, merupakan hasil dari disintegrasi alami dari batuan dengan ukuran butir sebesar antara 4,76 mm – 150 mm dimana agregat kasar ini terdiri dari butir kasar dan tidak berpori.
3. Bahan pengisi *(filler)*, merupakan agregat yang mana lolos saringan No.200 dengan ukuran diameter saringan sebesar 0,075 mm.

Sebagai standar penentuan agregat kasar dan halus digunakan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kelekatan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat		SNI 3407: 2008	Maks. 12%
	Magnesium			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin *Los Angeles*[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 Perandingan 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 lebi dari 90% agregat kasar mempunyai mua bidang pecah dua atau lebih				

Sumber : Bina Marga (2010)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Agregat Halus

Pengujin	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-687-2002	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 : Bina Marga (2010)

3.5.2 Aspal

Reza (2009) dalam Maulida (2014) menyebutkan bahwa aspal merupakan material yang bersifat termoplastis dan berbentuk padat sampai agak padat dalam kondisi temperatur ruang. Aspal dapat mencair ketika dipanaskan mencapai temperatur tertentu dan dapat kembali membeku jika temperatur turun. Aspal dapat didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam pekat atau coklat tua, dengan unsur utama yaitu bitumen. Bitumen adalah zat perekat (*cementitious)* yang berwarna hitam atau coklat tua yang diperoleh dari alam ataupun sebagai hasil produksi. Dalam pemanfaatannya aspal mempunyai beberapa fungsi diantaranya :

1. mengikat agregat yang ada pada perkerasan jalan agar tidak terlepas dari campuran akibat beban lalu lintas,
2. bahan pengisi *void* atau ruang yang ada pada agregat kasar, agregat halus dan *filler*.
3. lapis resap pengikat *(prime coat)* yang berupa lapis tipis terletak diantara lapis pondasi dengan lapis perkerasan berikutnya,
4. lapis pengikat *(tack coat)* berupa lapis aspal yang berada diatas jalan sebelum lapis jalan berikutnya dihamparkan.

Sukirman (1999) menyatakan bahwa aspal merupakan unsur hidrokarbon yang mempunyai beberapa komposisi penyusun diantaranya adalah sebagai berikut.

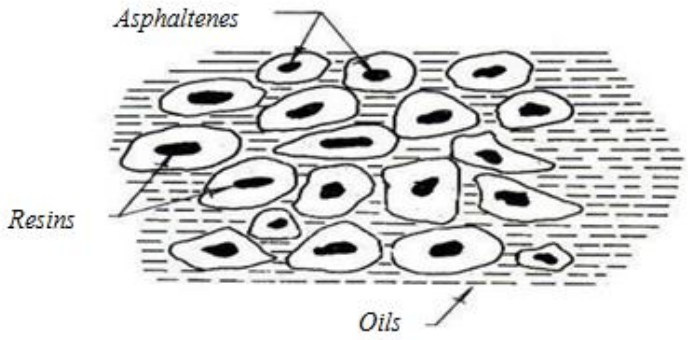
1. *Asphaltenes*

   Material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam heptane.

2. *Malthenes*

   Cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* merupakan cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberkan sifat adhesi dari aspal, dimana *resins* ini adalah bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *Asphaltenes* dan *resins*.

   Berikut adalah ilustrasi komponen material penyusun aspal dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 5 Komponen Penyusun *Asphalt*

(Sumber : Sukirman, 2013)

3.5.3 *Filler*

Totomihajo (1995) dalam Alfathli (2019) menyebutkan bahwa *filler* adalah 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 mempengaruhi karakteristik dari campuran tersebut.

Ambarwati (2010) menyatakan bahwa *filler* bersifat mendukung agregat kasar bersama dengan agregat halus dan binder. *Filler* dapat memperluas bidang kontak yang ditimbulkan butiran, sehingga mengakibatkan tahanan terhadap gaya geser bertambah.

3.5.4 Aditif

Aditif adalah merupakan bagian dari material yang ditambahkan untuk campuran aspal dan agregat. Bahan tambah yang digunakan dalam campuran aspal dapat berfungsi sebagai stabilitas aspal dan mengurangi sifat yang dapat merugikan aspal berupa penguraian pada saat pencampuran, pengangkutan, penghamparan, dan pemadatan dalam keadaan suhu yang tinggi. Pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* banyak digunakan bahan tambah atau aditif yaitu jenis *fiber* berupa serat selulosa.

(Tahir, 2011) menyatakan bahwa serat selulosa memperbaiki campuran aspal karena mencegah terjadinya retak, mencegah terjadinya pemisahan / meningkatkan homogenitas *density*, mencegah *bleeding*, mencegah *Flow* yang tinggi dan pengaliran aspal dari campuran. Salah satu serat selulosa yang dapat digunakan sebagai bahan aditif campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yaitu serat ijuk.

Soesono (1993) dalam Alkas dkk (1997) menyebutkan bahwa ijuk adalah bahan yang diambil dari pohon aren (*Arenga Pinnata*) yang berumur lebih dari 5 tahun. Ijuk yang berkualitas lebih baik biasanya diperoleh dari pohon yang lebih tua, tetapi sebelum bunganya terbentuk. Serat ijuk mempunyai karakteristik diantaranya berwarna hitam dengan sifat kaku, ulet, liat, dan keras, serta tahan terhadap cuaca panas.

3.6 Kinerja Campuran Aspal

Perkerasan jalan yang terbentuk dari campuran beton aspal tersusun dari aspal, agregat dan dengan atau tidak menggunakan bahan tambah untuk mendapatkan mutu yang baik masih terus dilakukan inovasi. Kinerja campuran sangat diperhatikan dalam pembuatan beton aspal karena mempengaruhi fungsi dan kinerja aspal tersebut dalam melayani beban lalu lintas. Berikut adalah kinerja yang dapat dilihat dari campuran aspal.

3.6.1 Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan merupakan tahanan geser yang diberikan perkerasan jalan terhadap kendaraan sehingga tidak terjadi *slip* saat kondisi perkerasan basah, ataupun kering. Kekesatan dapat dinyatakan dengan melihat hubungan koefisien gesek perkerasan jalan dan ban kendaraan. Faktor yang mempengaruhi nilai geser tinggi yaitu penggunaan agregat yang mempunyai permukaan kasar dengan kadar aspal yang optimum sehingga tidak terjadi *bleding*.

3.6.2 Kelenturan (*Fleksibilitas*)

Kelenturan merupakan kemampuan dari suatu perkerasan jalan untuk dapat menerima deformasi yang terjadi , sehingga mencegah terjadinya kerusakan berupa retak dan perubahan volume akibat beban berulang yang diterima. Fleksibilitas yang tinggi dari suatu perkerasan dapat diperoleh dengan menggunakan agregat bergradasi senjang dan aspal lunak yang cukup banyak dengan penetrasi tinggi.

3.6.3 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan Pelaksanaan (*workability*) merupakan kemampuan dari campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan sehinggga diperoleh nilai kepadatan yang diharapkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan pada campuran untuk perkerasan jalan berupa gradasi agregat dan suhu campuran.

3.6.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatique Resistance*)

Ketahanan kelelahan dapat didefinisikan sebagai kemampuan lapis perkerasan jalan untuk menahan beban berulang yang diterima tanpa mengalami retak. Perkerasan jalan dapat mengalami kelelahan yang cepat dengan faktor yang mempengaruhi berupa tingginya nilai *VIM* dan penggunaan kadar aspal yang rendah. Menurut sukirman (2003), volumetrik beton aspal dapat diketahui dengan menggunakan beberapa parameter diantaranya yaitu volume *bulk* (V_{mb}), *VMA*, *VIM*, dan *VFWA*.

1. Berat Jenis *(Spesific Gravity)*
   a. Berat jenis *bulk* total agregat

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

      $$Gsb = \frac{p1+p2+\cdots+pn}{\frac{p1}{G1}+\frac{p2}{G2}+\cdots+\frac{pn}{Gn}}$$

      (3.1)

      Dengan :

      Gsb : berat jenis *bulk* total agregat

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

G_1, G_2, G_n : persen berat jenis masing-masing agregat

b. Berat jenis efektif total agrregat

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

$$Gse = \frac{pmm - Pb}{\frac{pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}}$$

(3.2)

Dengan :

G_{se} : berat jenis efektif total agregat,

G_{mm} : berat jenis maksimum campurran aspal (tanpa rongga),

P_{mm} : persentase berat dari total campuran yang belum padat,

P_b : kadar aspal, persen berat total dari campuan,

G_b : berat jenis aspal.

c. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis campuran dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$G_{mm} = \frac{Pmm}{\frac{ps}{Gse} + \frac{pb}{Gb}}$$

(3.3)

Dengan :

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

P_{mm} : persentase berat dari total campuran yang belum padat,

P_s : kadar agregat, persen berat total dari campuran,

P_b : kadar aspal, persen berat total dari campuan,

G_{se} : berat jenis efektif total agregat,

G_b : berat jenis aspal.

2. Volumetrik Campuran

   a. Kerapatan *(density)* campuran

      Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran melalui proses pemadatan. Apabila nilai *density* suatu campuran relatif tinggi, maka suatu campuran tersebut dapat menunjukkan kerapatan yang semakin baik. Nilai dari *density* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi campuran, kualitas dan jenis bahan susun, jumlah dan faktor pemadatan maupun temperatur serta penggunaan kadar aspal. Kepadatan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

      $BD = G = \frac{c}{f}$

      (3.4)

      $f = d - e$

      (3.5)

      Keterangan :

      c : berat benda uji sebelum direndam (gr),

      d : berat benda uji jenuh air (gr),

      e : volume benda uji di dalam air (ml),

      f : volume benda uji (ml),

      BD = G : berat volume benda uji

   b. *VITM*

      Voids in the Mix (VITM) merupakan persentase perbandingan volume rongga terhadap total campuran padat yang dapat dinyatakan dalam persentase. Nilai *VITM* mempengaruhi keawetan dari campuran sehingga campuran dapat bersifat porus.

c. *VMA*

Voids in the Mineral Aggregate (VMA) merupakan rongga udara antar butir agregat aspal padat, dimana termasuk dalam rongga udara dan kadar aspal efektif yang dapat dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Bila nilai *VMA* relatif kecil, maka campuran dapat mengalami kondisi durabilitas, dan jika nilai *VMA* relatif besar maka campuran dapat memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis.

d. *VFWA*

Volume of Void Filled with Asphalt (VFWA) merupakan persentase rongga berada dalam campuran terisi oleh aspal yang nilainya meningkat yang berdasarkan meningkatnya kadar aspal hingga mencapai batas tertentu, dimana rongga telah penuh (optimum). Semakin tinggi nilai *VFWA* maka semakin banyak rongga yang terisi aspal dalam campuran sehingga kekedapan campuran teradap udara serta air semakin meningkat, namun bila nilai *VFWA* terlalu kecil dapat menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air serta udara.

3.6.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemamapuan lapis perkerasan jalan untuk mempertahankan bentuk tetap tanpa terjadi perubahan seperti bergelombang, alur, ataupun *bleeding* dalam menerima beban layan kendaraan pada lalu lintas. Beban yang diterima dari suatu perkerasan jalan harus sebanding dengan nilai stabilitas agar tidak terjadinya kerusakan perkerasan jalan. Stabilitas dapat terjadi dengan adanya geser antar butiran dan penguncian antar partikel serta daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas campuran diantaranya adalah kohesi yang menjadi gaya ikat aspal berasal dari daya lekatnya, sehingga menjaga tekanan kontak antar butir agregat.

3.6.6 Kedap Air (*Impremeability*)

Impremeability adalah kemampuan lapis perkerasan jalan untuk tidak dimasuki air ataupun udara, karena ketika suatu perkerasan dilolosi air dan udara dapat mengakibatkan kerusakan berupa penuaan pada perkerasan dan terkelupasnya agregat dari campuran beton aspal pada perkerasan jalan. Indikator kekedapan air pada campuran dapat diperoleh dari jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan.

3.6.7 Keawetan (*Durability*)

Keawetan (*Durability*) adalah kemampuan untuk mempertahankan kondisi dari perkerasan jalan agar tidak terjadi keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu serta pengaruh kontak gesekan kendaraan dengan lapis perkerasan. Faktor yang mempengaruhi *durability* diantaranya adalah nilai *VIM* kecil dapat menyebabkan lapis perkerasan menjadi kedap air serta udara tidak masuk kedalam campuran sehingga menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas. Perendaman aspal merupakan proses yang dapat digunakan untuk memperoleh durabilitas suatu perkerasan.

3.7 Pengujian Perendaman (*Immersion Test)*

Immersion test merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara merendam benda uji yang telah dibuat kedalam *water bath* dengan variasi perendaman 0,5 jam , 24 jam, dan 48 jam pada suhu 60°C. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh variasi perendaman terhadap campuran. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dianalisis menggunakan rumus Persamaan 3.7 dan 3.8 sebagai berikut.

$$\textit{Index of retained strength}\ \ 1 = \frac{S2}{S1} \text{ x } 100\% \qquad (3.7)$$

$$\textit{Index of retained strength}\ \ 2 = \frac{S3}{S1} \text{ x } 100\% \qquad (3.8)$$

Keterangan :

S_1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam

S_2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

S_3 = Stabilitas setelah direndam selama 48 jam

3.8 Indeks Durabilitas Pertama

Indeks Durabilitas pertama dapat dianalisis perhitungan dengan menggunakan rumus Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\text{IDP (r)} = \sum_{1=0}^{n-1} \frac{S_i-(Si+1)}{(t_1+1)-1} \times 100 \quad (3.9)$$

Keterangan :

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%),

Si = Persentase kekuatan sisa pada waktu ti (%),

Si+1 = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%),

Ti, ti+1= Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian).

Nilai ‘r’ yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai ‘r’ yang bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

3.9 Indeks Durabilitas Kedua

Nilai IDK didapatkan dengan perhitungan yang menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{IDK (a)} = \frac{1}{2tn} \sum_{1=0}^{n-1} \big(Si-(Si+1)\big)[2tn-(ti+(ti+1))] \quad (3.10)$$

Keterangan :

a = Kehilangan Kekuatan Rerata Satu Hari (%)

tn = Total Waktu Perendaman (jam)

Si = Persentase kekuatan sisa pada waktu ti (%)

Si+1 = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

Ti, ti+1= Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai "a" yang yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai "a" yang bernilai negatif menggambarkan adanya pertambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai a < 100. Oleh karna itu, memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (Sa). Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

Sa = (100 – a) (3.11)

Sa = Kekuatan Sisa Rerata Satu Hari (%)

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan dalam (kg) sebagai berikut.

$$A = \frac{a}{100} \times So \quad (3.12)$$

SA = (So – A) (3.13)

3.10 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect Tensile Strength (*ITS*) merupakan methode pengujian untuk mengetahui nilai kuat tarik dari suatu campuran beton aspal guna memperkirakan potensial keretakan yang terjadi saat menerima beban. Campuran lapisan permukaan yang baik yaitu yang dapat menerima beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan**.**

Gaya tarik tidak langsung atau *Indirect Tensile Strength (ITS)* menggunakan benda uji dengan berbentuk sillindris yang diuji dengan dua pelat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji, sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan *Marshall* yang telah dimodifikasikan dengan pelat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* dalam penelitian ini digunakan 2 tipe pengujian *ITS* yaitu *ITS Uncondition* dan *ITS Condition*. *ITS Uncondition* merupakan pengujian kuat tarik tidak langsung yang dilakukan tanpa variasi rendaman atau dapat dikatakan sebagai uji standar dari *tensile strength,* sedangkan untuk *ITS Condition* pengujian kuat tarik tidak langsung dilakukan dengan rendaman dengan durasi 24 jam pada suhu 60°C. Berikut dapat dlihat rumus persamaan 3.14 untuk perhitungan nilai *ITS*.

$$ITS = \frac{2 \; x \; P}{\pi \; x \; d \; x \; h} \tag{3.14}$$

Keterangan:

ITS = kuat tarik tidak langsung (N/mm^2)

P runtuh = beban puncak (N)

h = tinggi sampel (mm)

d =diameter benda uji (mm)

Hasil dari nilai perhitungan yang sudah didapatkan dari persamaan 3.14 maka dapat dihitung juga *Tensile Strength Ratio* yaitu perhitungan nilai yang didapatkan dari perbandingan antara nilai *ITS Uncondition* dan *ITS Condition* dengan tujuan mengetahui persentase kehilangan kekuatan kohesivitas campuran akibat pengaruh variasi perendaman. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *TSR* dapat dilhat pada Persamaan 3.15.

$$TSR = \frac{ITS \; Condition}{ITS \; Uncondition} \tag{3.15}$$

Keterangan:

TSR = Rasio kuat tarik tidak langsung,

ITS Uncondition = kuat tarik tidak langsung dengan rendaman,

ITS Condition = kuat tarik tidak langsung standar.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa metode eksperimen, dimana untuk memperoleh data pada metode ini yaitu dengan cara melakukan suatu kegiatan pengujian menggunakan alat uji sehingga diperoleh data untuk menganalisis hasil uji yang telah dilaksanakan. Data yang sudah di dapatkan diolah dan kemudian dibandigkan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Spesifikasi dan pedoman yang menjadi acuan pada penelitian ini menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Dalam pengujian dengan metode eksperimen dapat dilakukan di dalam maupun di luar laboratorium. Penyelidikan pada penelitian ini dilakukan di dalam laboratorium.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Pada penelitian yang dilakukan digunakan metode pengambilan sampel menggunakan cara *non-Probabilty sampling* dimana pengambilan sampel yang dapat ditemukan dan ditentukan sendiri oleh peneliti atau menurut pakar ahli dengan pengambilan tidak dipilih secara acak. Jenis penarikan sampel *non-Probabilty sampling* yang digunakan yaitu *purposive sampling* dimana penarikan sampel yang diakukan memilih subjek berdasarkan kriteria spesifikasi yang telah ditetapkan.

4.3 Metode Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang dilakukan dari hasil pengujian diperoleh data berupa nilai *Flow, Stabilitas , MQ, VITM, VMA, VFWA, ITS, IRS*, dan nilai pengujian *Cantabro*.

4.4 Tahapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian maka perlu diketahui mengenai tahapan tahapan yang dilakukan. Dalam penelitian ini dilaksanakan di Labortorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah beberapa tahapan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Persiapan dalam penelitian ini dilakukan dengan penentuan material yang digunakan. Material yang digunakan dalam pembuatan benda uji diantaranya agregat bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dan aspal Pertamina Pen 60/70, serta serat selulosa yang digunakan berupa serat selulosa alami yaitu serat ijuk. Tujuan dari persiapan dan pemeriksaan material yaitu mengetahui kelayakan dari material agar sesuai dengan standar dan spesifkasi yang telah di tetapkan.

Berikut adalah tahapan pengujian pemeriksaan material penyusun campuran yang mengacu pada *ASTM*, SNI, dan Bina Marga 2010.

1. Pengujian Agregat

   Agregat yang digunakan perlu diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai material penyusun campuran, dimana agregat tersebut melalui beberapa tahapan uji diantaranya yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar maupun halus, kelekatan agregat oleh aspal, analisa saringan, *Sand Equivalent*, serta keausan agregat. Acuan pengujian pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Tujuan
1	Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan halus	SNI 1970:2008	Menentukan berat jenis agregat kasar dan halus tentang kemampuannya dalam menyerap air denggan parameter yang ditinjau diantaranya dalam keadan kering, berat kering permukaan, serta berat jenis semu.
2	Kelekatan agregat oleh aspal	SNI 06-2439-1991	Mengetahui kelekatan agregat terhadap aspal yang ditentukan dari persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal.
3	Analisa saringan		Mendapatkan pembagian butir agregat kasar dan halus dengan menggunakan saringan.
4	*Sand Equivalent*	SNI 3423:2008	Menentukan kadar debu atau lumur yang mempunyai lempung pada agregat halus.
5	Keausan agregat	SNI 2417:2008	Menentukan kausan dari agregat dengan menggunakan *Los Angeles*.

Sumber : Bina Marga (2010)

2. Pengujian Aspal

   Pemeriksaan material berupa aspal pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi standar yaitu dari spesifikasi Bina Marga 2010. Adapun acuan

pengujian untuk material beserta spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Pengujian Aspal Pen 60/70

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

Sumber : Bina Marga (2010)

3. Pengujian *Filler*

Pemeriksaan material berupa kelayakan penggunan *filler* pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi standar yaitu dari spesifikasi Bina Marga 2010. Adapun acuan pengujian untuk material beserta spesifikasi gradasi dari *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Syarat Gradasi *Filler*

No	Pengujian	Standar	Nilai
1	Lolos Saringan No.200	SNI 03 M-02-1994-03	Minimal 75%
2	Bebas dari bahan organik	SNI 03 M-02-1994-03	Maksimal4%

Sumber : Bina Marga (2010)

4. Pengujian Bahan *RAP*

Material *RAP* yang sudah didapatkan, kemudian dilakukan tahap ekstraksi terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan pengujian penetrasi dan titik lembek.

4.4.2 Persiapan Bahan dan Peralatan Pengujian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan material dan peralatan uji agar menunjang kerja untuk memperoleh data primer.

4.4.2.1 *Bahan*

Bahan Material yang digunkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aspal

   Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal pertamina Pen 60/70 yang diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Agregat

   Agregat yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3. *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*

   Material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang digunakan berasal dari bongkaran perkerasan jalan perbaikan Jalan Wates Kulon Progo.

4. Oli Bekas

   Material oli bekas pakai kendaraan bermotor diperoleh dari bengkel vespa yang berada di daerah Condongcatur, Sleman, D. I. Yogyakarta.

5. Serat Ijuk

   Bahan material serat ijuk yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan serat ijuk yang diperoleh dari toko bangunan yang ada di Jalan Palagan Tentara pelajar, D. I. Yogyakarta.

4.4.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah beberapa peralatan uji yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Peralatan uji *Marshall*

   Peralatan yang digunakan dalam uji *Marshall* diantaranya sebagai berikut.

a. Mesin *Marshall Test,* dimana terdiri atas beberapa kelengkapan alat diantaranya yaitu kepala penekan dengan kapasitas 2500 Kg, dilengkapi dengan cincin pegunci dan arloji untuk pembacaan stabilitas serta arloji kelelehan *(Flow).*
b. Bak perendam *(water bath)* yang mempunyai dimensi kedalaman sebesar 150 mm pada suhu 60^{o}C ± 1^{o}C.

2. Peralatan untuk perendaman *(Immersion)*

   Peralatan yang digunakan untuk perendaman adalah sebgai berikut.
   a. Perendaman digunakan air tawar dengan bak yang berisikan air pada suhu ruang.
   b. Perendaman pada pengujian *Marshall* standar digunakan *water bath* dengan suhu 60^{o}C dengan durasi perendaman 30 menit.
   c. Perendaman pada pengujian *IRS* digunakan *water bath* dengan suhu 60^{o}C dengan durasi perendaman 24 jam.
3. Peralatan uji tarik tak langsung *(Indirect Tensile Strength Test)*

   Berikut adalah beberapa komponen yang ada pada alat uji *ITS*.
   a. Satu pasang alat penekan benda uji yang mempunyai bentuk lengkung dengan lebar 13 mm (0.5 inci).
   b. Arloji yang digunakan sebagai alat pengukur perubahan kearah vertikal
   c. Satu pasang arloji yang digunakan sebagai alat pengukur perubahan kearah horizontal.
4. Peralatan uji *Cantabro*

   Peralatan uji *Cantabro* digunakan alat *Los Angeles* dengan tidak menggunakan bola baja dan menggunakan timbangan dengan tingkat ketelitian hingga 0.1 gram.

4.4.3 Perencanaan Campuran *(Mix Design)*

Menentukan komposisi dari material yang digunakan dalam penelitian ini sangat diperlukan agar diperoleh campuran yang baik dan sesuai dengan standar serta spesifikasi yang telah ditetapkan. Pada perencanaan campuran penelitian ini digunakan material berupa agregat dan aspal. Beberapa hal yang perlu

diperhatikan dalam merencanakan suatu campuran diantaranya adalah mengetahui sifat dan spesifikasi dari material yang digunakan.

Sebelum dilakukan pencampuran antar material maka perlu dilakukan penentuan gradasi caampuran. Metode yang digunakan dalam penentuan gradasi campuran yaitu berupa *gradasi by sieve* (berdasarkan ukuran saringan atau penimbangan). Spesifikasi rencana gradasi agregat yang digunakan pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11

No	Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan (%)	Ideal (%)
1	19	100	100
2	12,5	90 – 100	95
3	9,5	50 – 75	62,5
4	4,75	30 – 50	40
5	2,36	20 - 30	25
6	0,60	13 – 25	19
7	0,30	10 – 20	15
8	0,075	8- 13	10,5

Sumber : Mustofa (2016)

Setelah perencanaan gradasi agregat, selanjutnya mencari perkiraan kadar aspal optimum rencana. Perkiraan kadar aspal optimum rencana dapat dicari menggunakan Persamaan 4.1 berikut.

$P_b = 0{,}035 \text{ x } (\%CA) + 0{,}045 \text{ x } (\% FA) + (0{,}18 \text{ x} \% FF) + 1$

dengan :

P_b : Kadar aspal, persen berat total dari campuan,

CA : Agregat kasar tertahan saringan no. 8,

FA : Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200,

FF : Agregat halus lolos saringan no. 200.

Konstanta : 1

Pb = 0,035 x (%CA) + 0,045 x (% FA) + (0,18 x% FF) +1
= 0,035 x (60%) + 0,045 x (29,5%) + 0,18 x (10,5%) + 1
= 6,32%

1. Rancangan Kebutuhan Agregat untuk Mencari KAO

Perhitungan rancangan kebutuhan agregat untuk menentukan KAO dihitung berdasarkan gradasi jenis campuran yang digunakan. Persentase penggunaan bahan *RAP* dari berat total campuran dalam penelitian ini adalah sebesar 25% dari berat total campuran, sedangkan rencana kadar aspal yang digunakan adalah sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dari berat aspal lama pada *RAP*. Kadar serat selulosa yang dipakai pada penelitian ini adalah sebesar 0,4 % dari berat aspal. Berikut adalah kebutuhan agregat untuk mencari KAO pada tiap kadar aspal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai dengan Tabel 4.9.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11						
Ukuran Saringan	**Tertahan *RAP* (%)**	**Tertahan Agregat (%)**	**Agregat Target (gr)**	**Berat (gr)**		
				RAP	**Agregat Baru**	**Total**
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1/2"	17.03	5	57.38	51.09	6.29	57.38
3/8"	10.14	32.5	373.00	30.43	342.57	373.00
No. 4	25.65	22.5	258.23	76.94	181.29	258.23
No. 8	18.43	15	172.15	55.29	116.87	172.15
No 30	14.30	6	68.86	42.91	25.95	68.86
No. 50	4.56	3	34.43	13.67	20.77	34.43
No. 200	7.62	5.5	63.12	22.87	40.26	63.12
Pan	2.27	10.5	120.51	6.81	113.70	120.51
Total Kebutuhan Agregat				300	847.69	1147.69

Tabel 4. 6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6%

Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11						
Ukuran Saringan	**Tertahan *RAP* (%)**	**Tertahan Agregat (%)**	**Agregat Target (gr)**	**Berat (gr)**		
				RAP	**Agregat Baru**	**Total**
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1/2"	17.03	5	57.08	51.09	5.99	57.08
3/8"	10.14	32.5	371.05	30.43	340.62	371.05
No. 4	25.65	22.5	256.88	76.94	179.94	256.88
No. 8	18.43	15	171.25	55.29	115.97	171.25
No 30	14.30	6	68.50	42.91	25.59	68.50
No. 50	4.56	3	34.25	13.67	20.59	34.25
No. 200	7.62	5.5	62.79	22.87	39.93	62.79
Pan	2.27	10.5	119.88	6.81	113.07	119.88
Total Kebutuhan Agregat				300	841.69	1141.69

Tabel 4. 7 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11						
Ukuran Saringan	**Tertahan *RAP* (%)**	**Tertahan Agregat (%)**	**Agregat Target (gr)**	**Berat (gr)**		
				RAP	**Agregat Baru**	**Total**
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	17.03	5	56.78	51.09	5.69	56.78
3/8"	10.14	32.5	369.10	30.43	338.67	369.10
No. 4	25.65	22.5	255.53	76.94	178.59	255.53
No. 8	18.43	15	170.35	55.29	115.07	170.35
No 30	14.30	6	68.14	42.91	25.23	68.14
No. 50	4.56	3	34.07	13.67	20.41	34.07
No. 200	7.62	5.5	62.46	22.87	39.60	62.46
Pan	2.27	10.5	119.25	6.81	112.44	119.25
Total Kebutuhan Agregat				300	835.69	1135.69

Tabel 4. 8 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7%

Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11						
Ukuran Saringan	**Tertahan *RAP* (%)**	**Tertahan Agregat (%)**	**Agregat Target (gr)**	**Berat (gr)**		
				RAP	**Agregat Baru**	**Total**
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	17.03	5	56.48	51.09	5.39	56.48
3/8"	10.14	32.5	367.15	30.43	336.72	367.15
No. 4	25.65	22.5	254.18	76.94	177.24	254.18
No. 8	18.43	15	169.45	55.29	114.17	169.45
No 30	14.30	6	67.78	42.91	24.87	67.78
No. 50	4.56	3	33.89	13.67	20.23	33.89
No. 200	7.62	5.5	62.13	22.87	39.27	62.13
Pan	2.27	10.5	118.62	6.81	111.81	118.62
Total Kebutuhan Agregat				300	829.69	1129.69

Tabel 4. 9 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7,5%

Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11						
Ukuran Saringan	**% Tertahan *RAP***	**% Tertahan Agregat**	**Agregat Target (gr)**	**Berat (gr)**		
				RAP	**Agregat Baru**	**Total**
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	17.03	5	56.18	51.09	5.09	56.18
3/8"	10.14	32.5	365.20	30.43	334.77	365.20
No. 4	25.65	22.5	252.83	76.94	175.89	252.83
No. 8	18.43	15	168.55	55.29	113.27	168.55
No 30	14.30	6	67.42	42.91	24.51	67.42
No. 50	4.56	3	33.71	13.67	20.05	33.71
No. 200	7.62	5.5	61.80	22.87	38.94	61.80
Pan	2.27	10.5	117.99	6.81	111.18	117.99
Total Kebutuhan Agregat				300	823.69	1123.69

Rekapitulasi kadar peremaja yang digunakan serta total kebutuhan benda uji untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Jumlah Benda Uji untuk Rencana Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal (%)		**Kadar Peremja (%)**					**Jumlah**
Total		0	2	3	4	5	
5,5	Jumlah Benda uji	3	3	3	3	3	15
6		3	3	3	3	3	15
6,5		3	3	3	3	3	15
7		3	3	3	3	3	15
7,5		3	3	3	3	3	15
Total							75

2. Rancangan Kebutuhan Agregat Campuran *SMA* 0/11 Setelah KAO

Sebelum melakukan pembuatan benda uji maka perlu dilakukan rancangan perhitungan *mix design* untuk menentukan berapa takaran kebutuhan agregat atau pun material yang digunakan setelah mendapatkan nilai KAO. Data awal yang telah diperoleh berupa uji karakteristik material dan kadar aspal setiap variasi kadar peremaja, maka dapat ditentukan kebutuhan material untuk pembuatan sebuah benda uji. Hasil perhitungan kebutuhan material dan rekapitulasi jumlah kebutuhan agregat yang digunakan untuk pembuatan campuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 4.11 sampai Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4. 11 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 0 % Kadar Aspal Optimum 7,34 %

Saringan	Spek. Gradasi *SMA*		% Tertahan *RAP*	% Tertahan Agregat	Berat (gr)		
	Min	Max			*RAP*	Agregat Baru	Total
3/4"	100	100	0,00	0	0,00	0,00	0
1/2"	90	100	17,03	5	51,09	5,19	56,28
3/8"	50	75	10,14	32,5	30,43	335,40	365,82
No. 4	30	50	25,65	22,5	76,94	176,32	253,26
No. 8	20	30	18,43	15	55,29	113,56	168,84
No 30	13	25	14,30	6	42,91	24,63	67,54
No. 50	10	22	4,56	3	13,67	20,10	33,77
No. 200	8	13	7,62	5,5	22,87	39,04	61,91
Pan	0	0	2,27	10,5	6,81	111,38	118,19
Total Kebutuhan Agregat Keseluruhan					300	825,61	1125,61

Tabel 4. 12 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 2 % Kadar Aspal Optimum 7,34 %

Saringan	Spek. Gradasi *SMA*		% Tertahan *RAP*	% Tertahan Agregat	Berat (gr)		
	Min	Max			*RAP*	Agregat Baru	Total
3/4"	100	100	0,00	0	0,00	0,00	0
1/2"	90	100	17,03	5	51,09	5,19	56,28
3/8"	50	75	10,14	32,5	30,43	335,40	365,82
No. 4	30	50	25,65	22,5	76,94	176,32	253,26
No. 8	20	30	18,43	15	55,29	113,56	168,84
No 30	13	25	14,30	6	42,91	24,63	67,54
No. 50	10	22	4,56	3	13,67	20,10	33,77
No. 200	8	13	7,62	5,5	22,87	39,04	61,91
Pan	0	0	2,27	10,5	6,81	111,38	118,19
Total Kebutuhan Agregat Keseluruhan					300	825,61	1125,61

Tabel 4. 13 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 3 % Kadar Aspal Optimum 7,37 %

Saringan	Spek. Gradasi *SMA*		% Tertahan *RAP*	% Tertahan Agregat	Berat (gr)		
	Min	Max			*RAP*	Agregat Baru	Total
3/4"	100	100	0,00	0	0,00	0,00	0
1/2"	90	100	17,03	5	51,09	5,17	56,26
3/8"	50	75	10,14	32,5	30,43	335,28	365,71
No. 4	30	50	25,65	22,5	76,94	176,24	253,18
No. 8	20	30	18,43	15	55,29	113,50	168,79
No 30	13	25	14,30	6	42,91	24,60	67,52
No. 50	10	22	4,56	3	13,67	20,09	33,76
No. 200	8	13	7,62	5,5	22,87	39,02	61,89
Pan	0	0	2,27	10,5	6,81	111,34	118,15
Total Kebutuhan Agregat Keseluruhan					300	825,25	1125,25

Tabel 4. 14Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 4 % Kadar Aspal Optimum 7,38 %

Saringan	Spek. Gradasi *SMA*		% Tertahan *RAP*	% Tertahan Agregat	Berat (gr)		
	Min	Max			*RAP*	Agregat Baru	Total
3/4"	100	100	0,00	0	0,00	0,00	0
1/2"	90	100	17,03	5	51,09	5,16	56,26
3/8"	50	75	10,14	32,5	30,43	335,24	365,67
No. 4	30	50	25,65	22,5	76,94	176,21	253,15
No. 8	20	30	18,43	15	55,29	113,48	168,77
No 30	13	25	14,30	6	42,91	24,60	67,51
No. 50	10	22	4,56	3	13,67	20,09	33,75
No. 200	8	13	7,62	5,5	22,87	39,01	61,88
Pan	0	0	2,27	10,5	6,81	111,33	118,14
Total Kebutuhan Agregat Keseluruhan					300	825,13	1125,13

Tabel 4. 15 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 5 % Kadar Aspal Optimum 7,37 %

Saringan	Spek. Gradasi *SMA*		% Tertahan *RAP*	% Tertahan Agregat	Berat (gr)		
	Min	Max			*RAP*	Agregat Baru	Total
3/4"	100	100	0,00	0	0,00	0,00	0
1/2"	90	100	17,03	5	51,09	5,17	56,26
3/8"	50	75	10,14	32,5	30,43	335,28	365,71
No. 4	30	50	25,65	22,5	76,94	176,24	253,18
No. 8	20	30	18,43	15	55,29	113,50	168,79
No 30	13	25	14,30	6	42,91	24,60	67,52
No. 50	10	22	4,56	3	13,67	20,09	33,76
No. 200	8	13	7,62	5,5	22,87	39,02	61,89
Pan	0	0	2,27	10,5	6,81	111,34	118,15
Total Kebutuhan Agregat Keseluruhan					300	825,25	1125,25

Berdasarkan hasil rancangan tersebut diperoleh kebutuhan agregat setelah KAO digunakan persentase untuk material baru sebesar 75 % dan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebesar 25 %, sedangkan variasi kadar peremaja berupa oli bekas pakai kendaraan bermotor yaitu digunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 5%. Setelah semua material dipersiapkan dilanjutkan pembuatan benda uji serta dilakukan pengujian karakteristik *Marshall, IRS, ITS, Cantabro*. Berikut adalah rekapitulasi jumlah kebutuhan benda uji pada KAO untuk setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Jumlah Benda Uji Pada KAO dengan Variasi Penggunan Oli Bekas

Pengujian		Kadar Peremaja (%)			
	0	**2**	**3**	**4**	**5**
Marshall	3	3	3	3	3
IRS 24 JAM	3	3	3	3	3
IRS 48 JAM	3	3	3	3	3
Cantabro	3	3	3	3	3
ITS Condition	3	3	3	3	3
ITS Uncondition	3	3	3	3	3
Jumlah	18	18	18	18	18
Total	90				

Berdasarkan rekapitulasi perencanaan campuran benda uji kadar bahan *RAP*, aspal, dan peremaja dibutuhkan total benda uji sebanyak 75 buah untuk pengujian kadar aspal optimum, sedangkan 90 buah benda uji untuk setiap pengujian setelah mendapatkan nilai KAO campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*. Total benda uji yang dibutuhkan sebesar 165 benda uji.

4.4.4 Pengujian *Marshall*

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan pada pengujian *Marshall.*

1. Melakukan perendaman benda uji yang sudah diangkat dari perendaman air suling.
2. Menimbang benda uji di dalam air, kemudian mengeluarkan benda uji dari bak rendaman air lalu keringkan benda uji pada permukaannya agar didapatkan benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh *(saturated surface dry)*.
3. Menimbang benda uji yang telah dalam kondisi kering permukaan jenuh *(sturated surface dry)*.
4. Melakukan perendaman benda uji dalam bak *(water bath)* pada suhu ± 60^{o}C dengan durasi waktu perendaman 30 menit.
5. Mengeluarkan benda uji yang telah melalui proses perendaman dan kemudian meletakkan benda uji tersebut ke alat uji tekan *Marshall*. Benda uji diletakkan pada bagian segmen bawah dan kepala penekan serta memasang segmen atas pada bagian atas benda uji. Pastikan benda uji keseluruhan terletak pada alat uji *Marshall*.
6. Menekan bagian kepala penekan beserta benda uji yang telah terpasang hingga menyentuh bagian alas cincin pengujian *(proving ring)*. Kemudian mengatur posisi jarum arloji pengukur ditekan pada posisi nol dan arloji pengukur *Flowmeter* berada pada angka nol.
7. Melakukan pengujian dengan memberikan pembebanan maksimum kecepatan tetap yang digunakan 50 mm/menit, ditandai dengan jarum arloji pengukur tekan terhenti dan berbalik arah. Kemudian dilakukan pembacaan arloji pengukur tekan (angka stabilitas) dan dalam waktu bersamaan dilakukan juga pembacaan jarum Arloji pengukur kelelehan.
8. Melakaukan pengujian yang sama terhadap benda uji yang lain.
9. Mengolah data yang diperoleh dengan analisis, kemudian membuat pembahasan.

4.4.5 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan pada pengujian perendaman (*Immersion Test*).

1. Melakukan perendaman yang telah diangkat dari perendaman menggunakan air suling dengan durasi 24 jam dalam keadaan suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Menimbang benda uji yang dalam kondisi jenuh air.
3. Melakukan pengeringan terhadap benda uji dengan cara mengelap bagian permukaan benda uji, kemudian benda uji ditimbang di dalam air.
4. Merendam benda uji di dalam *water bath* pada suhu 60^{o}C dan durasi selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian *Marshall*
6. Mengolah data hasil uji dan membuat pembahasan.

4.4.6 Pengujian *Indirect Tensile Stength (ITS)*

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan pada pengujian *Indirect Tensile Stength (ITS)*.

1. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Stength (ITS)* dimana benda uji yang digunakan melalui proses perendaman terlebih dahulu dengan air suling.
2. Memperoleh nilai dari hasil uji *Indirect Retained Stength (IRS)*.
3. Mengolah data yang didapatkan dan membuat pembahasan.

4.4.7 Pengujian *Indirect Retained Stength (IRS)*

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan pada pengujian *Indirect Retained Stength (IRS).*

1. Menyiapkan benda uji yang telah melalui tahapan perendaman dalam air pada suhu 60 ± 1 ^{o}C dengan durasi waktu perendaman 24 jam serta benda uji dengan durasi perendaman 2 jam dalam air pada suhu 25 ± 1 ^{o}C.
2. Melakukan penimbangan terhadap benda uji yang telah disiapkan.
3. Mengolah data dengan membandingkan antara benda uji tersebut.

4. Membuat pembahasan serta menyusun kesimpulan dari hasil uji.

4.4.8 Pengujian *Cantabro*

Berikut adalah tahapan tahapan yang dilakukan pada pengujian *Cantabro.*

1. Memasukkan benda uji kedalam mesin Los Angeles tanpa menggunakan bola baja dimana benda uji yang digunakan melalui proses perendaman terlebih dahulu yang telah diangkat dari air suling.
2. Memperoleh nilai dari hasil uji *Cantabro*.
3. Mengolah data yang didapatkan dan membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data

Berikut adalah analisis data yang dilakukaan setelah mendapatkan hasil pengujian pada benda uji.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

   Nilai Karakteristik *Marshall* diperoleh dari data data yang didapatkan setelah melakukan pengujian. Adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

   a. berat benda uji sebelum direndam (gram),
   b. berat benda uji di dalam air (gram),
   c. berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram),
   d. tebal benda uji (mm),
   e. pembacaan arloji pengukur stabilitas (kg), dan
   f. pembacaan arloji pengukur kelelehan *Flow* (mm).

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

   a. Berat jenis aspal

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

   dengan :

   A : Berat piknometer dengan penutup (gr)

   B : Berat piknometer berisi air (gr)

   C : Berat piknometer berisi aspal (gr)

D : Berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

b. Berat jenis agregat

$$Bj\ Aspal = \frac{(F1\ x\ A)+(F2\ x\ B)}{100} \quad (4.3)$$

dengan :

F1 : Persentase agregat kasar (%)

F2 : Persentase agregat halus (%)

A : Berat jenis agregat kasar (gr)

B : Berat jenis agregat halus (gr)

c. Berat jenis *filler*

$$Bj\ Filler = \frac{Bk}{B+200-Bt} \quad (4.4)$$

dengan :

Bk : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat piknometer berisi air (gr)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

200 : Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

d. *Stability*

qs = p x q (4.5)

dengan :

qs : nilai stabilitas,

p : pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring*,

q : angka koreksi benda uji

e. *VITM (Void in Total Mix)*

$$VITM = 100 - (100\ x\ \frac{g}{h}) \quad (4.6)$$

$$h = \frac{100}{(\frac{\%\ agregat}{bj\ agregat} + \frac{\%\ aspal}{bj\ aspal})} \quad (4.7)$$

dengan :

VITM : rongga udara di dalam campuran aspal padat, persen berat total dari campuran,

g : berat volume benda uji / nilai *density* (gr/cc),

h : berat jenis maksimum teoritis (gr/cc).

f. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

$$VMA = 100 - (\frac{Gmb - Ps}{Gsb}) \quad (4.8)$$

dengan :

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

Gmb : berat jenis *bulk* dari aspal beton padat,

Ps : kadar agregat,% terhadap aspal beton padat,

Gsb : berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk aspal beton padat.

g. *VFWA (Volume of Void Filled With Asphalt)*

Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari persamaan persamaan rumus berikut.

1) presentase aspal terhadap campuran

$$b = \left(\frac{a}{100+a}\right) x\ 100 \quad (4.9)$$

dengan :

b : presentase aspal terhadap agregat,

a : presentase aspal terhadap campuran.

2) presentase aspal terhadap agregat

$$m = 100\ x \left(\frac{i}{l}\right) \quad (4.10)$$

$$i = \left(\frac{b\ x\ g}{bj\ Aspal}\right) \quad (4.11)$$

$$l = 100\ x\ j \quad (4.12)$$

Dengan :

m : nilai *VFWA (Void Filled With Asphalt)* (%),

g : berat isi benda uji (gr//cc),

j : presentase aspal terhadap campuran.

h. *MQ (Marshall Quotient)*

$$MQ = \left(\frac{S}{R}\right) \quad (4.13)$$

dengan :

S : nilai stabilitas (Kg)

R : nilai *Flow* (mm)

MQ : nilai *Marshall quotient*(kg/mm)

2. Analisis uji *Indirect Tensile Strength*

$$ITS = \left(\frac{2Pmaks}{\rho \; x \; t \; x \; d}\right) \quad (4.14)$$

dengan :

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

Pmaks : pembebanan maksimum (N),

t : tinggi rata-rata benda uji (mm),

d : diameter benda uji (mm).

3. Analisis uji *Index of Retained Strength*

$$IRS = \left(\frac{MSi}{MSs}\right) \quad (4.15)$$

dengan :

IRS : indeks stabilitas sisa (%),

MSi : stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) (Kg),

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

4. Analisis uji *Cantanbro*

$$CALi = \left(\frac{mi1-mi2}{mi1}\right) \; x \; 100 \quad (4.16)$$

dengan :

CALi : *Cantabro Abrasion Loss* (%),

mi1 : berat mula-mula benda uji *(specimen)* (gr)

mi2 : berat benda uji *(specimen)* setelah pengujian (gr).

5. Analisis Statistik

Berdasarkan data data yang telah dilakukan analisis menggunakan beberapa parameter seperti *Marshall, ITS, IRS, Cantabro* dengan variasi penambahan oli bekas pada campurran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70 sebagai bahan ikat, kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis statistik *Analyss of variance (ANOVA)* satu arah. Metode ini digunakan karena terdapat variabel bebas yang terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu kadar peremaja oli bekas. Berikut adalah analisis satatistik menggunakan *ANOVA* satu arah.

a. Merumuskan hipotesis (Ho) dan hipotesis alternative (Ha)

   Uji hipotesis bertujuan untuk mengetahui pengaruh masing masisng faktor variabel.

   Ho : $\mu 1 = \mu 2 = ... = \mu k$

   Ha : $\mu 1 \neq \mu 2 = ... \neq \mu k$

b. Meningkatkan 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.

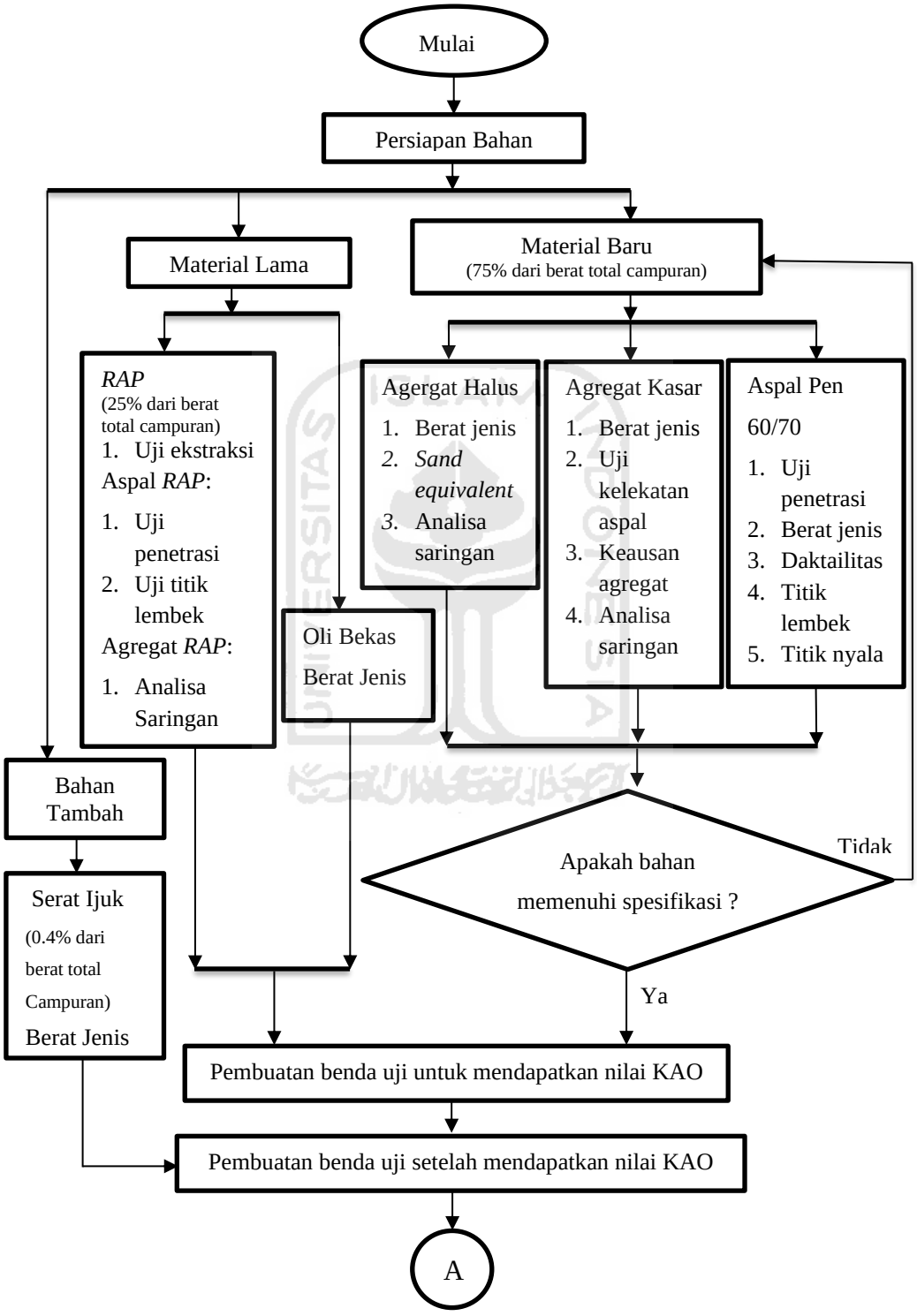
f. Perumusan Keputusan Ho dan H1

   Ho : Tidak ada perbedaan secara signfikan pengaruh kadar peremaja oli bekas pakai terhadap karakteristik campuran *SMA.*

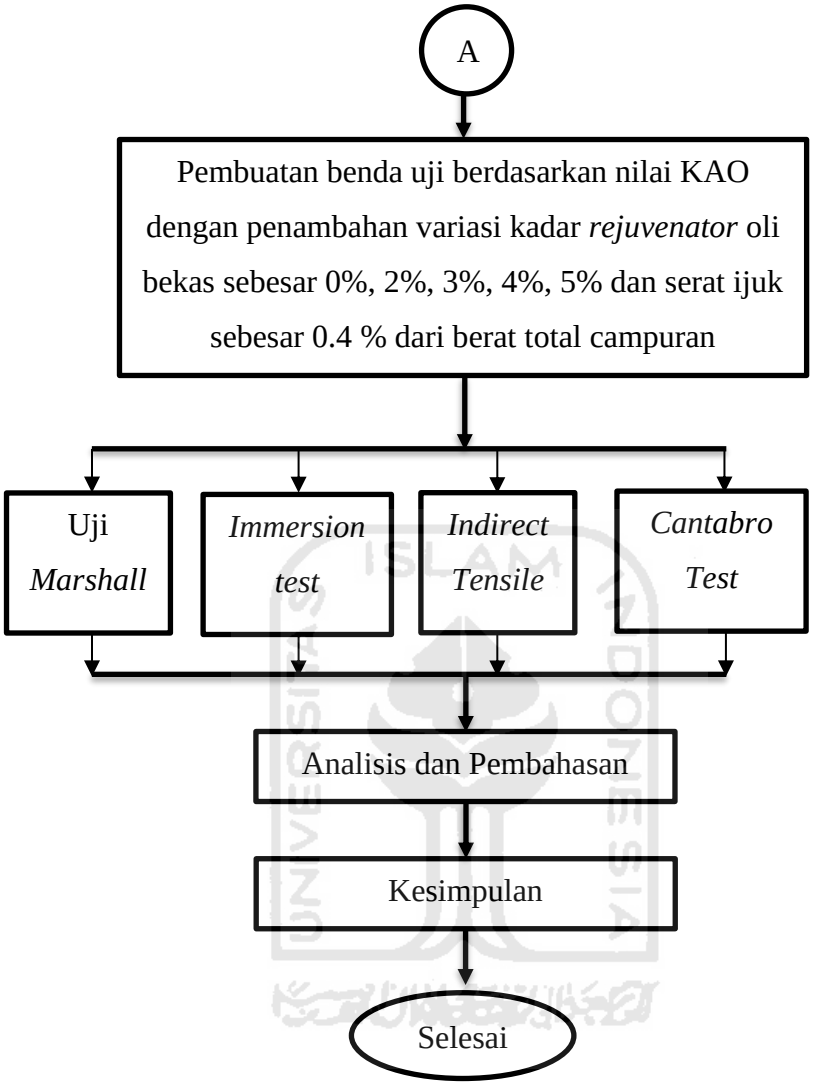
   H1 : Ada perbedaan secara signifikan pengaruh kadar peremaja oli bekas pakai terhadap karakteristik caampuran *SMA.*

4.6 Bagan Alir Metode Penelitian

Tahapan - tahapan penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Bagan Alir Proses Penelitian



Gambar 4.1 Lanjutan Bagan Alir Penelitian

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Bahan dan Campuran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil untuk setiap pengujian sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Karakteristik Material *RAP*

Berikut adalah data hasil pengujian untuk mengetahui kualitas dari aspal lama yang terkandung dalam material *RAP* yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dapat dilihat Pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material *RAP*

No	Uraian	Satuan	Hasil
1	Kadar Aspal	%	4,56
2	Penetrasi	mm	51,4
3	Titik Lembek	°C	53

5.1.2 Hasil Karakteristik Aspal Baru

Pengujian karakteristik aspal baru yang digunakan pada penelitian ini digunakan aspal jenis pertamina pen 60/70 dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian karakteristik aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada rekapitulasi Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Berat Jenis	≥ 1,0	1,023	Memenuhi
2.	Penetrasi (mm)	60/70	62,3	Memenuhi
3.	Daktilitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4.	Titik Lembek (°C)	≥ 48	48	Memenuhi
5.	Titik Nyala (°C)	≥ 232	332	Memenuhi
6.	Titik Bakar (°C)	≥ 232	345	Memenuhi
7.	Kelarutan pada TCE (%)	≥ 99	99,03	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian untuk agregat meliputi pengujian agregat kasar, halus, dan *filler*. Material agregat yang diuji berasal dari sungai celereng dengan pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian agregat yang dilakukan untuk memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebagai acuan yaitu persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat jenis	≥ 2,5	2,6643	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	1,687	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	97,5	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*	≤ 40	20,61	Memenuhi

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,60	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	≤ 3	2,25	Memenuhi
3	*Sand Equivalent*	≥ 50	91,987	Memenuhi

5.1.4 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai KAO dilakukan dengan menggunakan salah satu uji yaitu pengujian karakterisitik *Marshall* dengan beberapa parameter dari hasil uji yang ditinjau. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Beberapa karakteristik hasil uji *Marshall* yang ditinjau untuk mendapatkan nilai KAO yaitu adalah nilai stabilitas, kelelehan (*Flow*), *VMA* (*Void in Material Aggregate*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*Density*). Aspal yang digunakan pada campuran *SMA* ini adalah aspal Pertamina Pen 60/70.

Menentukan nilai KAO pada campuran *SMA* perlu memperhatikan spesifikasi yang digunakan sebagai acuan dari beberapa parameter uji yang ditinjuau. Spesifikasi yang digunakan yaitu adalah spesifikasi Bina Marga 1983 dengan nilai batas persyaratan setiap parameter yang ditinjau yaitu nilai *VITM* dengan persyaratan 3% - 5 %, nilai *VFWA* 76% - 82%, nilai *VMA* minimal 15%, nilai stabilitas lebih dari 670 Kg/mm. Nilai KAO diperoleh dari nilai tengah batas maksimum dan minimum dari setiap parameter hasil uji karakteristik *Marshall*.

Pada hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan nilai KAO didapatkan 5 nilai KAO untuk setiap variasi kadar peremaja oli bekas yang digunakan dalam pengujian. Rekapitulasi untuk hasil pengujian karakteristik *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 5.5 sampai Tabel 5.9.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 0 %

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5,5	960,57	2,57	376,51	7,72	60,93	19,74	2,236750
6	968,66	2,57	378,58	6,55	66,85	19,74	2,248711
6,5	894,44	2,80	319,41	6,05	70,21	20,31	2,244553
7	851,77	3,57	239,71	5,45	73,81	20,80	2,242970
7,5	827,42	3,73	222,27	4,10	80,16	20,66	2,258963
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>76**	**>15**	**>2**

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 2 %

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5,5	994,22	2,87	347,97	8,19	59,38	20,15	2,225375
6	1123,21	2,87	392,90	6,71	66,24	19,88	2,244878
6,5	951,44	3,20	297,36	6,10	70,04	20,35	2,243428
7	796,29	3,47	231,01	5,16	74,89	20,56	2,249732
7,5	699,54	3,57	196,59	4,61	78,12	21,09	2,246811
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>76**	**>15**	**>2**

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 3 %

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5,5	813,02	3,13	259,85	8,90	57,16	20,77	2,208096
6	881,95	3,27	273,50	7,68	62,92	20,71	2,221544
6,5	919,59	3,37	273,30	6,85	67,38	20,99	2,225565
7	956,28	3,53	270,96	5,25	74,56	20,63	2,247690
7,5	881,02	3,70	240,55	4,73	77,65	21,19	2,243981
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>76**	**>15**	**>2**

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 4 %

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5,5	942,85	3,37	280,08	9,53	55,31	21,32	2,192864
6	968,72	3,33	291,75	8,66	59,81	21,55	2,197863
6,5	974,39	3,37	289,33	6,40	68,96	20,61	2,236215
7	829,99	3,50	237,25	5,25	74,55	20,63	2,247656
7,5	760,74	3,90	195,61	4,76	77,56	21,21	2,243406
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>76**	**>15**	**>2**

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Peremaja 5 %

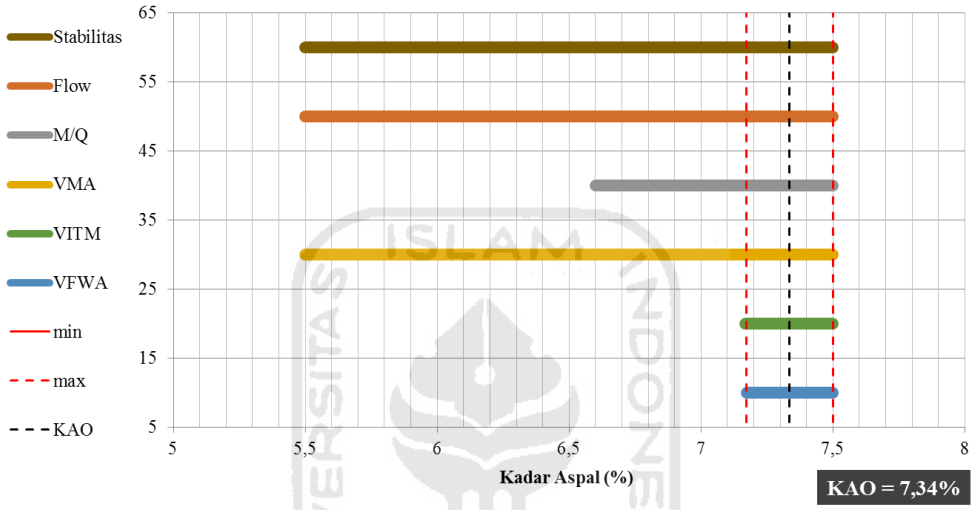
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	*Flow* (mm)	*MQ* (kg/mm)	*VITM* (%)	*VFWA* (%)	*VMA* (%)	*Density* (gr/cc)
5,5	752,59	3,37	223,82	9,65	54,95	21,42	2,189855
6	901,65	3,30	274,01	8,19	61,32	21,14	2,209343
6,5	864,90	3,43	251,82	6,76	67,69	20,91	2,227673
7	826,57	3,57	232,03	5,42	73,90	20,77	2,243589
7,5	764,44	3,80	202,73	4,55	78,39	21,03	2,248373
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>76**	**>15**	**>2**

Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum setiap varisai kadar peremaja oli bekas dengan material *RAP* terhadap campuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian karakteristik *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA*

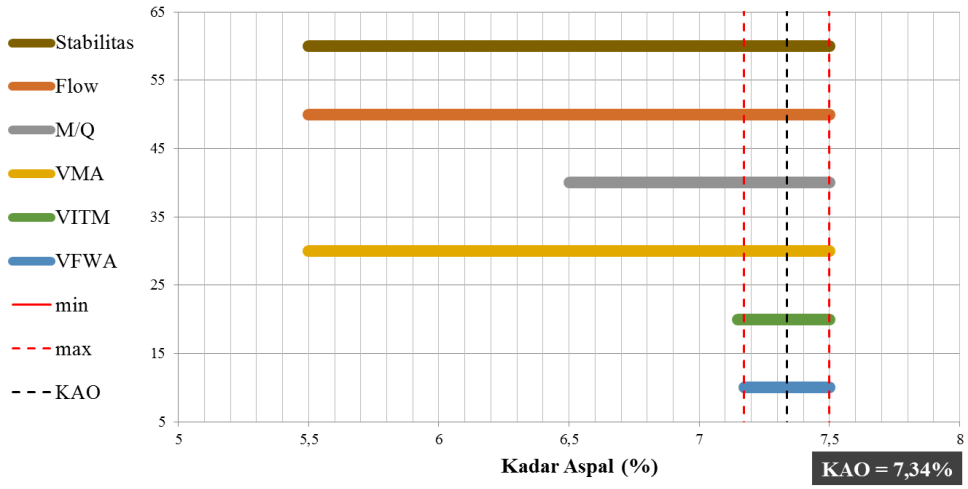
Pengujian	Kadar Aspal (%)	Kadar Peremaja Oli Bekas (%)				
		0	2	3	4	5
Stabilitas (Kg)	5,5	960,57	994,22	813,02	942,85	752,59
	6	968,66	1123,21	881,95	968,72	901,65
	6,5	894,44	951,44	919,59	974,39	864,90
	7	851,77	796,29	956,28	829,99	826,57
	7,5	827,42	699,54	881,02	760,74	764,44
Flow (mm)	5,5	2,57	2,87	3,13	3,37	3,37
	6	2,57	2,87	3,27	3,33	3,30
	6,5	2,80	3,20	3,37	3,37	3,43
	7	3,57	3,47	3,53	3,50	3,57
	7,5	3,73	3,57	3,70	3,90	3,80
MQ (Kg/mm)	5,5	376,51	347,97	259,85	280,08	223,82
	6	378,58	392,90	273,50	291,75	274,01
	6,5	319,41	297,36	273,30	289,33	251,82
	7	239,71	231,01	270,96	237,25	232,03
	7,5	222,27	196,59	240,55	195,61	202,73
VITM (%)	5,5	7,72	8,19	8,90	9,53	9,65
	6	6,55	6,71	7,68	8,66	8,19
	6,5	6,05	6,10	6,85	6,40	6,76
	7	5,45	5,16	5,25	5,25	5,42
	7,5	4,10	4,61	4,73	4,76	4,55
VFWA (%)	5,5	60,93	59,38	57,16	55,31	54,95
	6	66,85	66,24	62,92	59,81	61,32
	6,5	70,21	70,04	67,38	68,96	67,69
	7	73,81	74,89	74,56	74,55	73,90
	7,5	80,16	78,12	77,65	77,56	78,39
VMA (%)	5,5	19,74	20,15	20,77	21,32	21,42
	6	19,74	19,88	20,71	21,55	21,14
	6,5	20,31	20,35	20,99	20,61	20,91
	7	20,80	20,56	20,63	20,63	20,77
	7,5	20,66	21,09	21,19	21,21	21,03
Density (gr/cc)	5,5	2,24	2,23	2,21	2,19	2,19
	6	2,25	2,24	2,22	2,20	2,21
	6,5	2,24	2,24	2,23	2,24	2,23
	7	2,24	2,25	2,25	2,25	2,24
	7,5	2,26	2,25	2,24	2,24	2,25

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan pengujian karakteristik *Marshall*, setiap parameter uji *Marshall* dihubungkan dengan masing masing kadar aspal yang digunakan dalam uji untuk didapatkan nilai kadar aspal optimum. Berikut adalah perolehan kadar aspal optimum dari setiap variasi kadar peremaja dapat dilihat pada Gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.



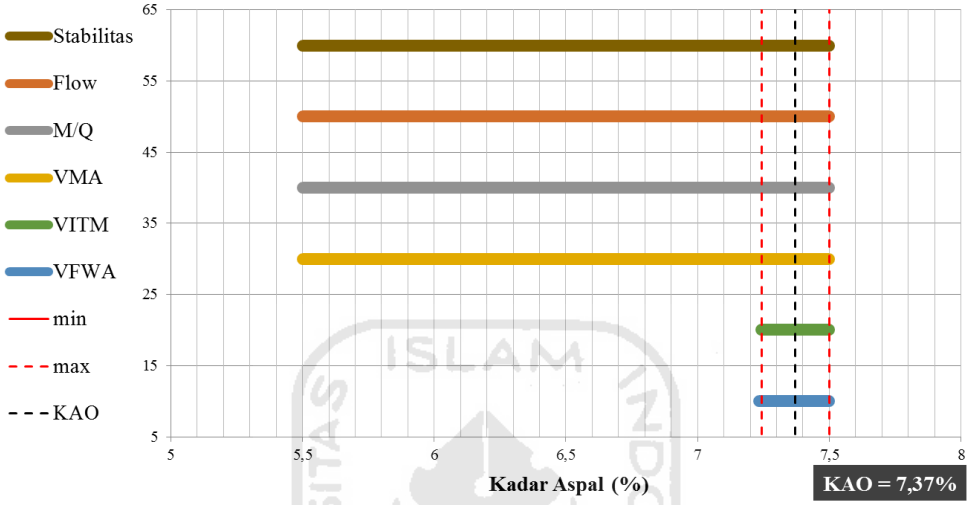
Gambar 5. 1 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 0 %

Berdasarkan gambar grafik yang menghubungkan antara setiap nilai parameter hasil uji *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 0 % sebesar 7,34 %.



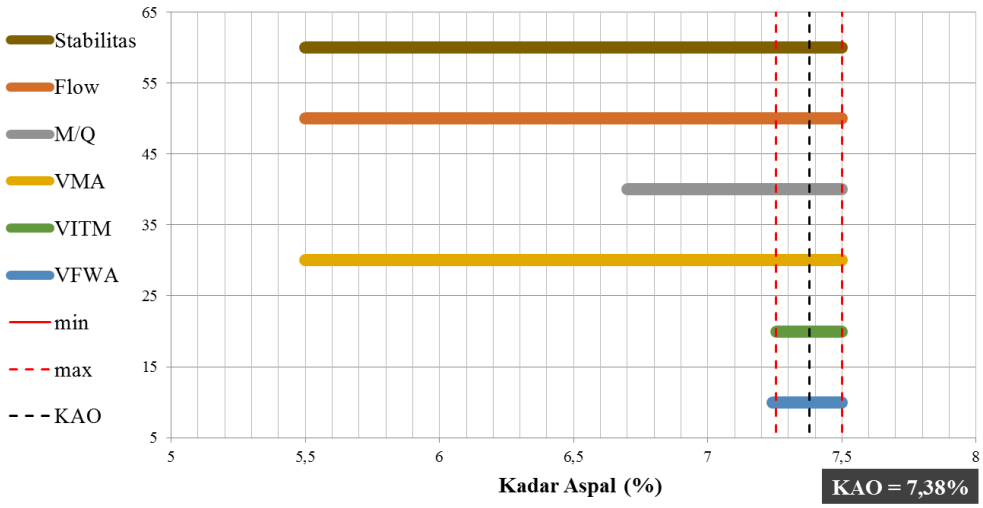
Gambar 5. 2 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 2 %

Berdasarkan gambar grafik yang menghubungkan antara setiap nilai parameter hasil uji *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 2 % sebesar 7,34 %.



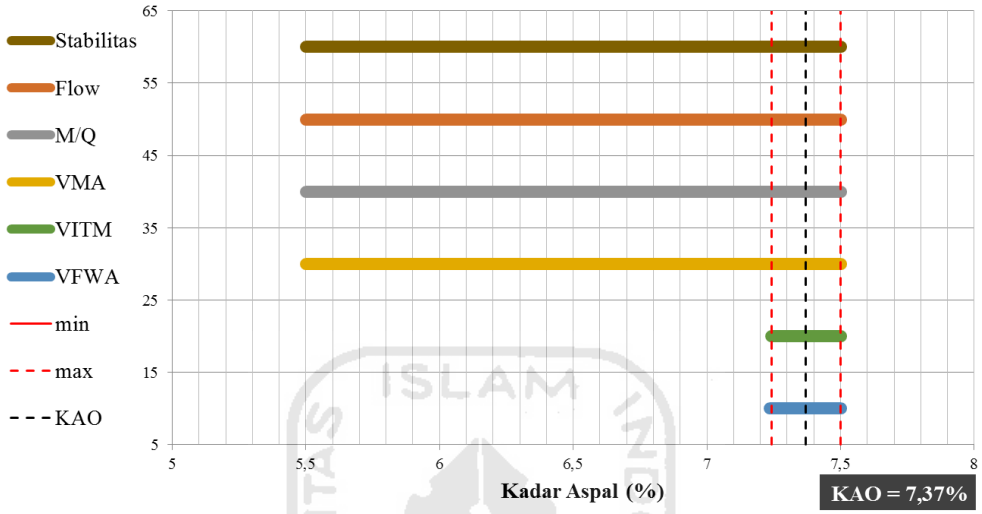
Gambar 5. 3 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 3 %

Berdasarkan gambar grafik yang menghubungkan antara setiap nilai parameter hasil uji *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 3 % sebesar 7,37 %.



Gambar 5. 4 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 4 %

Berdasarkan gambar grafik yang menghubungkan antara setiap nilai parameter hasil uji *Marshall* dengan kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 4 % sebesar 7,38 %.



Gambar 5. 5 Nilai KAO Pada Kadar Peremaja 5 %

Berdasarkan gambar grafik yang menghubungkan antara setiap nilai parameter hasil uji *Marshall* dengan setiap kadar aspal diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) pada kadar peremaja 5 % sebesar 7,37 %.

Rekapitulasi hasil kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar peremaja oli bekas pada material *RAP* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA*

Kadar Peremaja Oli Bekas (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	7,17	7,5	7,34
2	7,17	7,5	7,34
3	7,24	7,5	7,37
4	7,25	7,5	7,38
5	7,24	7,5	7,37

5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* Pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Oli Bekas Sebagai Peremaja Material *RAP*

Hasil pengujian campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* pada kadar aspal optimum menggunakan variasi oli bekas sebagai peremaja material *RAP* dengan pengujian *Marshall, Index of Retained Strength, Tensile Strength,* dan *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Tabel 5.12 sampai Tabel 5.13 berikut.

1. Oli Bekas Sebagai Peremaja Material *RAP* Pada Pengujian Karakteristik *Marshall* Terhadap Campuran *SMA 0/11*

   Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* dapat dilihat pada Tabel 5.12 serta hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

Kadar Oli (%)	**Stabilitas (kg)**	***Flow* (mm)**	***MQ* (kg/mm)**	***VITM* (%)**	***VFWA* (%)**	***VMA* (%)**	***Density* (gr/cc)**
0	1040,60	3,50	297,58	4,97	76,43	21,06	2,243
2	932,47	3,63	256,80	4,91	76,66	21,01	2,245
3	931,40	3,67	254,49	4,80	77,12	20,99	2,246
4	920,82	3,73	247,34	4,66	77,71	20,88	2,249
5	895,50	3,80	235,90	4,59	77,94	20,81	2,251
BINA MARGA	**670**	**2-4**	**190-300**	**3,0-5,0**	**>65**	**>15**	**>2**

2. Oli Bekas Sebagai Peremaja Material *RAP* Pada Pengujian Karakteristik *Index of Retained Strength* Terhadap Campuran *SMA 0/11*

   Pengujian *Index of Retained Strength* ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap karakteristik campuran akibat pengaruh dari air, suhu, cuaca yang disimulasikan dengan perendaman menggunakan *water bath*. Ada beberapa hasil yang ditinjau dari *Immersion test* diantaranya adalah stablitas rendaman, *IRS* , IDP , dan IDK.

   Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian *Immersion Test* pada campuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Immersion* Pada Campuran *SMA*

Kadar Peremaja Oli Bekas (%)	Nilai *IRS* (%)		IDP (%)		IDK (%)	
	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam
0	95,649	88,325	0,185	0,490	2,130	5,776
2	94,791	87,767	0,222	0,513	2,659	6,053
3	94,606	87,331	0,230	0,533	2,753	6,269
4	94,337	86,885	0,241	0,792	2,891	6,489
5	93,905	86,152	0,259	0,839	3,111	6,852

3. Oli Bekas Sebagai Peremaja Material *RAP* Pada Pengujian Karakteristik *Indirect Tensile Strength* Terhadap Campuran *SMA 0/11*

   Berikut adalah rekapitulasi dari hasil pengujian *Indirect Tensile Strength* untuk mendapatkan nilai *Tensile Strength Ratio* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*)

Kadar Peremaja Oli Bekas (%)	*ITS Uncondition* (Kg/cm^2)	*ITS Condition* (Kg/cm^2)	*TSR (Tensile Strength Ratio) (%)*
0	17,08	14,54	85,16
2	17,72	15,69	88,55
3	21,31	18,58	87,23
4	18,62	15,89	85,34
5	18,51	15,80	85,36

4. Oli Bekas Sebagai Bahan Peremaja Material *RAP* Pada Pengujian *Cantabro Loss* Terhadap Campuran *SMA 0/11*

   Hasil pengujian campuran beton aspal dengan jenis campuran *SMA* menggunakan pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan hasil uji selengkapnya dapat dilihat pada halaman lampiran.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Cantabro*

Kadar Peremaja (%)	Kehilangan Berat (%)
0	3,598
2	2,265
3	2,076
4	2,374
5	2,646

Data hasil karakteristik *Marshall, Indirect Tensile Strength, Index of Retained Strenth,* dan *Cantabro Loss* pada campuran *Split Mastic Asphalt* dengan penambahan oli bekas sebagai peremaja material *RAP* dianalisis dengan menggunakan *Anova* satu arah. Hasil analisis statistik menggunakan *Anova* satu arah dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* Pada Pengujian *Marshall*

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	H_1 diterima	Signifikan
Flow	H_0 diterima	Tidak Signifikan
MQ	H_1 diterima	Signifikan
VITM	H_0 diterima	Tidak Signifikan
VFWA	H_0 diterima	Tidak Signifikan
VMA	H_0 diterima	Tidak Signifikan
Density	H_0 diterima	Tidak Signifikan

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova* Pada Pengujian *ITS, Cantabro*, dan *IRS*

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
ITS	H_1 diterima	Signifikan
ITS 24 Jam	H_1 diterima	Signifikan
Cantabro	H_0 diterima	Tidak Signifikan
IRS 24 jam	H_1 diterima	Signifikan
IRS 48 Jam	H_1 diterima	Signifikan

Keterangan :

H_0 Diterima : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada penambahan oli bekas sebagai peremaja material *RAP* campuran *Split Mastic Asphalt.*

H_1 Diterima : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penambahan oli bekas sebagai peremaja material *RAP* campuran *Split Mastic Asphalt*.

5.2 Pembahasan

Berikut adalah pembahasan hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia sebagai berikut.

5.2.1 Karakteristik Material *RAP*

Material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang diperoleh dari hasil *core milling* atau pengerukan pada jalan yang berada di daerah Jalan Wates-Kulon Progo dilakukan beberapa pengujian untuk menentukan suatu jenis campuran yang digunakan pada ruas jalan sebelumnya. Pengujian tersebut bertujuan untuk merencanakan campuran baru menggunakan bahan *RAP* dengan bahan agregat dan aspal baru. Berikut adalah beberapa uji yang dilakukan untuk menentukan karakteristik material *RAP*.

1. Kadar Aspal Pada Material *RAP*

   Penentuan kadar aspal pada material *RAP* yang sudah didapatkan dapat diuji dengan menggunakan pengujian ekstraksi. Tujuan dari pengujian ini dapat ditentukan nilai persentase aspal yang ada pada material *RAP* tersebut, yang nantinya nilai persentase aspal lama yang terkandung pada material *RAP* digunakan untuk *mix design* penambahan material aspal baru. Hasil dari pengujian ekstraksi berupa persentase kadar aspal yang ada pada material *RAP* dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5. 18 Kadar Aspal Pada Material *RAP*

Keterangan	Satuan	Sampel Uji		
		I	II	III
Kadar Aspal	%	5,066	4,048	4,578
Kadar Aspal Rata- Rata	%	4,564		

Berdasarkan hasil pengujian dan dilakukan perhitungan diperoleh nilai kadar aspal rata - rata yang masih terkandung dalam material *RAP* adalah sebesar 4,564 %.

2. Penetrasi Aspal pada Material *RAP*

   Pengujian penetrasi ini dimaksudkan untuk menentukan serta mengetahui nilai penetrasi yang terdapat pada material *RAP*. Pada pengujian ini didapatkan nilai rata rata pengujian penetrasi material *RAP* sebesar 51,4 mm . Material *RAP* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai *Job Mix Formula* aspal lama dengan jenis aspal yang digunakan yaitu aspal pen 60 /70. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu sebesar 51,4 mm, maka penetrasi *RAP* tersebut sudah tidak memenuhi syarat karena aspal sudah mengalami pengerasan menjadi getas, sehingga pada penelitian ini *RAP* perlu ditambahkan bahan peremaja untuk melunakkan aspal *RAP* yang sudah mengeras atau getas.

3. Titik Lembek Aspal Pada Material *RAP*

   Pengujian titik lembek aspal pada material *RAP* mempunyai tujuan untuk mengetahui dan mendapatkan nilai titik lembek aspal pada material *RAP* yang berhubungan dengan mutu, serta tingkat kekerasan aspal lama dalam *RAP* tersebut. Hasil dari pengujian didapatkan nilai titik lembek pada suhu 53°C dan waktu 12 menit 40 detik. Berdasarkan hasil uji yang diperoleh nilai titik lembek pada pengujian tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu untuk nilai titik lembek aspal pen 60/70 sebesar 48°C - 59°C.

5.2.2 Karakteristik Aspal Baru

Berikut adalah pembahasan untuk hasil pengujian dari karakteristik material aspal pertamina pen 60/70 yang digunakan dalam pembuatan benda uji.

1. Berat Jenis Aspal

   Nilai berat jenis aspal merupakan nilai yang didapatkan dari hasil perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan didapatkan nilai berat jenis aspal sebesar 1,023. Berdasarkan nilai yang didapatkan sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 1,00.

2. Penetrasi Aspal

   Pengujian penetrasi ini diperoleh untuk mengetahui nilai penetrasi material aspal yang digunakan dalam campuran. Nilai penetrasi berhubungan dengan mutu dan tingkat kekerasan dari aspal tersebut. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai penetrasi sebesar 62,3 mm. Hasil dari pengujian tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar 60—70 mm.

3. Daktilitas Aspal

   Pengujian daktilitas dimaksudkan untuk mengetahui nilai keelastisan aspal yang digunakan sebagai campuran. Hasil dari pengujian tersebut diperoleh nilai sebesar 164 cm . Berdasarkan hasil pengujian tersebut nilai keelastisitasan yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi Bina Marga dengan nilai minimal 100 cm.

4. Titik Lembek Aspal

   Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepekaan aspal terhadap temperatur. Pada pengujian yang dilakukan tersebut diperoleh nilai titik lembek sebesar 48 °C. Hasil dari nilai titik lembek pada pengujian tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 yaitu ≥ 48 °C.

5. Titik Nyala Aspal

   Pengujian titik nyala dimaksudkan untuk mengetahui batas suhu yang dicapai oleh aspal hingga dapat menimbulkan percikan api dan menyala. Pengujian titik nyala tersebut diperoleh nilai sebesar 332°C. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut sudah memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 232 °C.

6. Titik Bakar Aspal

   Pengujian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui batas temperatur aspal menimbulkan api. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil titik bakar sebesar 345 °C. Berdasarkan hasil tersebut nilai titik bakar sudah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar ≥ 232 °C.

7. Kelarutan *TCE* pada Aspal

   Pengujian *TCE (Trychloroethylene)* ini dimaksudkan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan mineral lain yang terkandung dalam aspal. Mineral lain yang terkandung dalam aspal tersebut dapat mempengaruhi dan menyebabkan gangguan ikatan antara aspal dengan agregat. Pengaruh nilai kelarutan yang semakin besar persentasenya mengindikasikan bahwa kandungan mineral pada aspal tersebut semakin kecil. Hasil pengujian didapatkan persentase nilai kelarutan sebesar 99,03 %. Nilai tersebut sudah memenuhi persyartan Spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 99%.

5.2.3 Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat kasar. Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo. Berikut pembahasan karakteristik dari agregat kasar.

1. Berat Jenis Agregat Kasar

   Berat jenis adalah hasil perbandingan antara berat voume agregat dengan volume air pada temperatur tertentu. Nilai berat jenis suatu campuran sangat diperhatikan karena nilai berat jenis tersebut dapat menentukan banyakanya pori yang terdapat dalam agregat tersebut. Apabila suatu agregat mempunya nilai berat jenis yang besar, maka agregat tersebut mempunyai pori yang kecil, sehingga menyebabkan banyaknya aspal yang dibutuhkan semakin sedikit, begitupun sebaliknya. Hasil dari pengujian berat jenis agregat kasar didapatkan nilai sebesar 2,6643. Berdasarkan nilai tersebut berat jenis agregat yang diuji telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 2,5.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

   Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dari agregat meneyerap air yang masuk melalui rongga yang ada dalam agregat, mulai dari kondisi kering hingga kondisi jenuh. Pengaruh nilai kadar pori yang besar memiliki penyerapan yang besar, hal ini mengakibatkan aspal yang digunakan untuk menyelimuti agregat semakin banyak, begitupun sebaliknya. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh nilai sebessar 1,687. Nilai yang diperoleh dari pengujian telah memenuhi syarat spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga yaitu sebesar ≤ 3.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

   Pengujian ini mempunyai tujuan untuk menentukan persentase luas permukaan agregat yang dapat diselimuti oleh aspal. Hasil dari pengujian didapatkan nilai sebesar 97,5. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari pengujian tersebut sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar ≥ 95.

4. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

   Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi). Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh nilai sebesar 20,61. Hasil dari nilai yang diperoleh tersebut sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 40.

5.2.4 Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan meliputi uji penyerapan agregat halus terhadap air, uji berat jenis, dan *Sand Equivalent.* Berikut adalah pembahasan pengujian karakteristik agregat halus.

1. Berat Jenis Agregat Halus

   Pengujian berat Jenis agregat halus diperoleh nilai sebesar 2,6. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari pengujian tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 2,5.

2. Penyerapan Agregat Halus Terhadap Air

   Berdasarkan pengujian yang didapatkan untuk mengetahui kemampuan agregat menyerap air melalui pori diperoleh nilai persentase penyerapan sebesar 2,25%. Hasil pengujian tersebut sudah memenuhi spesifiksi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 3.

3. *Sand Equivalent*

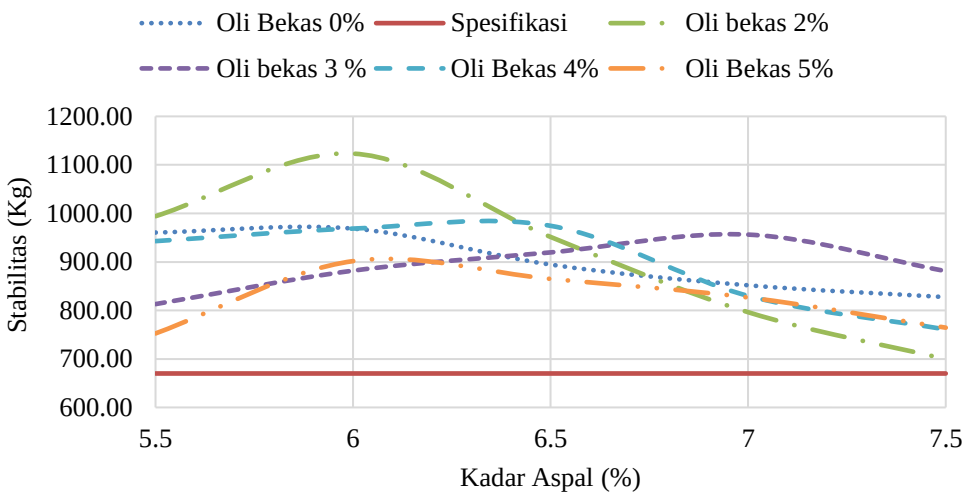
   Pengujian *Sand Equivalent* dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kebersihan agregat terhadap adanya lumpur, debu atau kotoran lain yang masih terkandung dalam agregat. Hasil dari pengujian diperoleh nilai *Sand Equivalent* agregat halus sebesar 91,987 %. Berdasarkan nilai tersebut sudah memenuhi nilai spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 yaitu ≥ 50.

5.2.5 Peninjauan Hasil Uji Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum diperoleh dari beberapa parameter yang telah ditinjau pada pengujian karakteristik *Marshall* diantaranya adalah melalui nilai stabilitas, *Flow, Marshall Quotient, VFWA, VMA,* dan *VITM*. Berikut adalah pembahasan dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan nilai KAO. Penjelasan tentang menentukan kadar aspal optimum melalui hubungan kadar aspal dengan beberapa parameter pengujian karakteristik *Marshall* dapat dilihat pada uraian berikut.

1. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

   Stabilitas adalah kemampuan dari suatu perkerasan untuk dapat menerima beban lalu lintas yang berulang atau repetisi tanpa terjadi perubahan bentuk, sehingga mampu menahan deformasi yang terjadi. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabiltas diantaranya adalah tekstur permukaan agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal. Hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

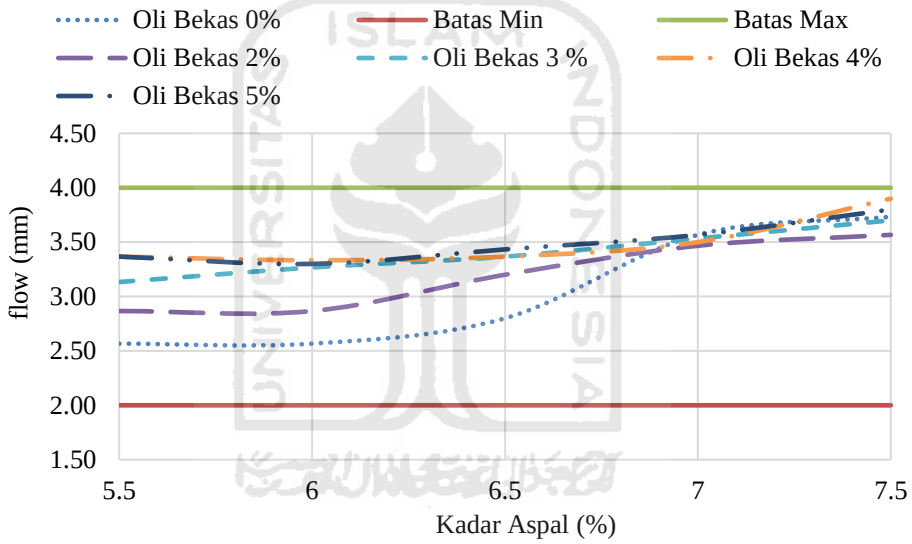


Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 tentang hubungan antara nilai kadar aspal dan stabilitas dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan maka semakin meningkat nilai stabilitas pada campuran tersebut, hingga sampai pada kondisi optimum tercapai, nilai stabilitas pada campuran mengalami penurunan. Meningkatnya nilai stabilitas sebelum mencapai kondisi optimum menandakan bahwa sifat aspal sebagai pengikat antar agregat masih berfungsi dengan baik hingga kondisi optimum tercapai, sedangkan nilai penurunan yang terjadi setelah mencapai kondisi optimum disebabkan karena semakin bertambahnya kadar aspal yang digunakan dalam hal ini aspal sudah berlebih pada campuran tersebut, mengakibatkan selimut aspal semakin tebal dan gesekan antar butir agregat semakin berkurang, serta nilai kohesi juga menurun dengan fungsi aspal yang digunakan sebagai perekat antar agregat menjadi pelicin karena berlebih. Selain itu, pengaruh penambahan oli bekas pada penggunaan kadar aspal yang sama, campuran dengan lebih banyak peremaja relatif memiliki nilai stabilitas lebih kecil. Hal ini terjadi karena seiring dengan penambahan oli bekas menyebabkan material *RAP* melunak, sehingga gaya ikat antar agregat menurun.

2. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap *Flow*

Kelelehan (*Flow)* merupakan kondisi pada suatu campuran mengalami besarnya deformasi yang terjadi pada saat awal pembebanan hingga pada saat kondisi nilai kestabilannya menurun bahkan runtuh. Nilai *Flow* yang rendah mengindikasikan bahwa terdapat rongga pada campuran yang tidak terisi atau terselimuti oleh aspal sehingga menyebabkan nilai durabilitas menurun, begitupun sebaliknya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kelelehan suatu campuran diantaranya adalah viskositas aspal, suhu, gradasi agregat, dan kepadatan campuran. Hasil pengujian nilai kelelehan untuk memperoleh KAO dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



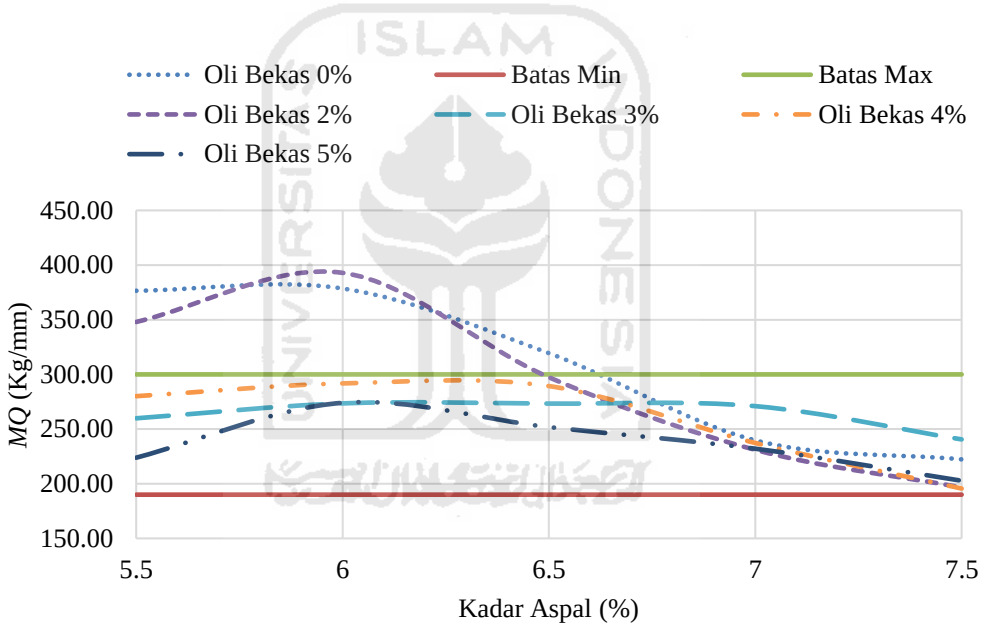
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Flow*

Berdasarkan Gambarr 5.7 tentang grafik hubungan nilai kadar aspal dan *Flow* diperoleh hasil bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan maka semakin meningkat nilai kelelehan pada campuran tersebut. Hal ini terjadi karena campuran mengalami perubahan bentuk atau deformasi pada saat terkena beban, sehingga campuran semakin bersifat plastis seiring berlebihnya aspal yang digunakan. Penambahan Oli bekas juga mempunyai pengaruh terhadap nilai kelelehan dalam satu kadar aspal

yang sama yaitu seiring dengan penambahan oli bekas dapat menyebabkan material *RAP* melunak.

3. *Marshall Quotient* (*MQ*)

   Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *Flow* (kelelehan) pada suatu campuran. Nilai *MQ* mengindikasikan suatu campuran itu bersifat kaku atau lentur. Semakin rendah nilai *MQ* menunjukan suatu campuran bersifat lentur, namun sebaliknya semakin tinggi nilai *MQ* maka suatu campuran tersebut bersifat kaku. Hasil pengujian nilai *MQ* pada campuran *SMA* grade 0/11 dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



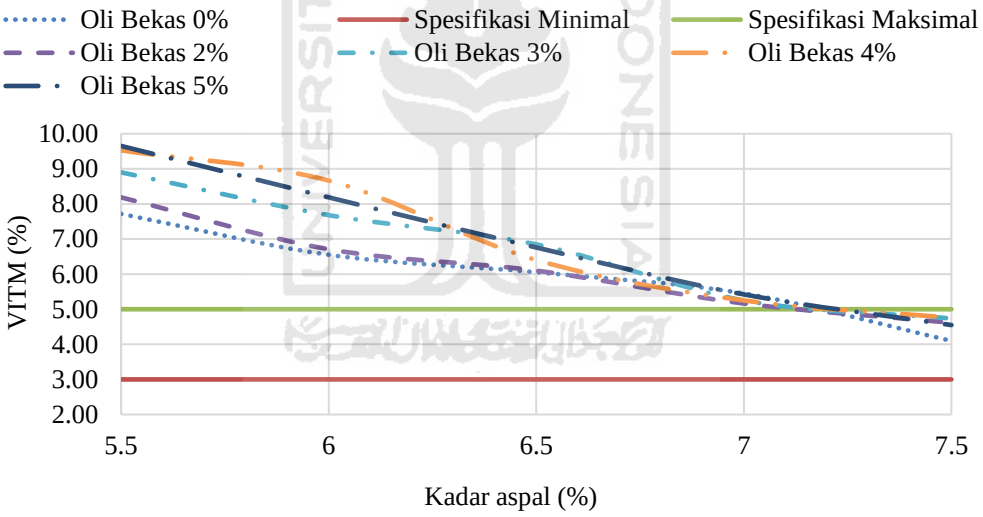
Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *MQ*

Berdasarkan gambar grafik hubungan antara kadar aspal dan *MQ* diperoleh hasil bahwa pada kadar aspal 7 % sampai 7,5 % didapat nilai yang menurun untuk *MQ* disebabkan campuran tersebut sudah berlebih penambahan kadar aspal sehingga campuran bersifat terlalu lentur. Pada penambahan oli bekas mempunyai pengaruh terhadap kelenturan dari campuran tersebut, karena Pada kadar aspal yang sama campuran dengan penambahan lebih banyak

peremaja menyebabkan material *RAP* melunak dan nilai *MQ* relatif lebih kecil .

4. *Void In The Mix* (*VITM*)

VITM merupakan persentase volume rongga atau pori yang tersisa pada campuran setelah campuran tersebut dipadatkan. *VITM* mempunyai fungsi sebagai tempat bergesernya butir - butir agregat pada campuran ketika terkena beban lalu lintas , selain itu *VITM* juga dibutuhkan sebagai tempat ketika aspal menjadi lunak karena perubahan temperatur. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai *VITM* diantaranya adalah gradasi agregat, jenis dan kadar aspal yang digunakan, suhu, serta proses pemadatan. Hasil pengujian nilai *VITM* pada campuran *SMA* grade 0/11 dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



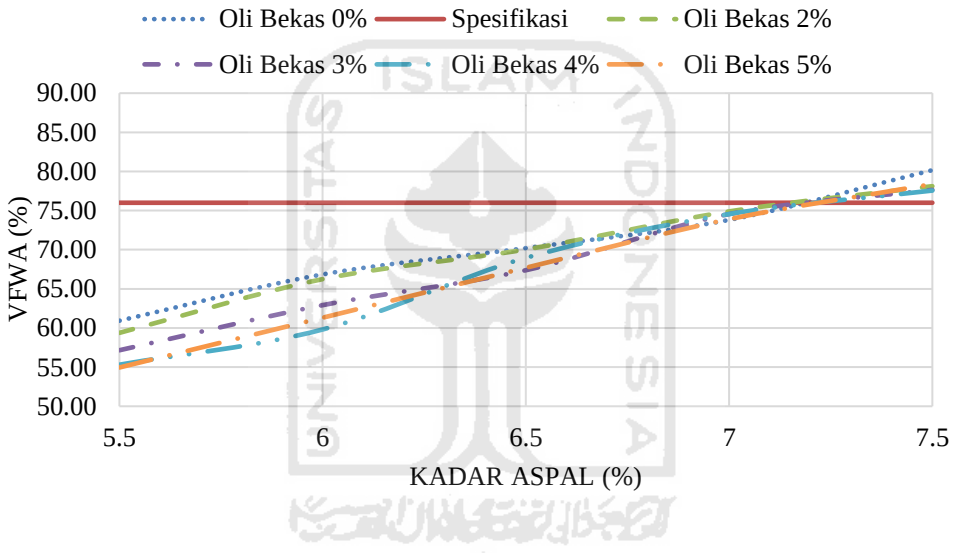
Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VITM*

Berdasarkan Gambar 5.9 tentang grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VITM* menunjukan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal yang digunakan pada campuran tersebut menyebabkan nilai *VITM* semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya rongga yang terisi oleh aspal sehingga pori yang tersisa pada campuran semakin sedikit persentasenya, namun pengaruh penambahan oli bekas pada kadar aspal

yang sama untuk mencari nilai KAO, diperoleh campuran dengan lebih banyak peremaja nilai *VITM* lebih besar.

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

   Void Filled With Asphalt (*VFWA*) merupakan persentase rongga atau pori berada diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* dapat mengindikasikan suatu campuran semakin kedap air ataupun udara, apabila semakin tinggi nilai *VFWA* maka semakin kedap air dan udara campuran tersebut, begitupun sebaliknya. Berikut adalah hasil pengujian untuk nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.10



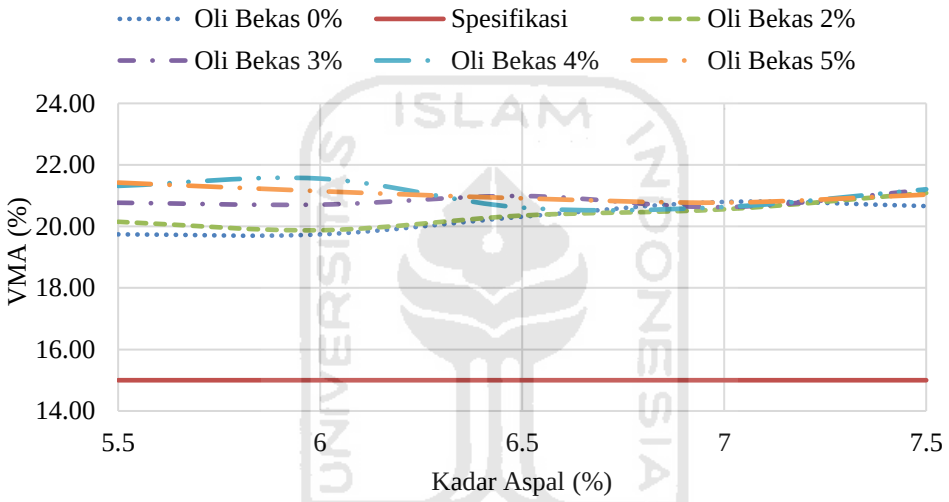
.

Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VFWA*

Berdasarkan Gambar 5.10 tentang grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VFWA* bahwa dapat dilihat nilai *VFWA* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada pengujian campuran tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya kadar aspal yang digunakan maka semakin banyak pula pori pada campuran tersebut diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, sehingga dampak yang ditimbulkan dari niai *VFWA* yang semakin naik yaitu campuran bersifat lebih fleksibel dan kedap air serta udara. Pada kadar aspal yang sama, diperoleh campuran dengan lebih banyak kadar peremaja nilai *VFWA* relatif lebih kecil.

6. *Void Mineral Aggregate* (*VMA*)

Void Mineral Aggregate (*VMA*) merupakan persentase rongga atau pori diantara partikel agregat berada dalam campuran yang telah dipadatkan. *VMA* mempunyai fungsi sebagai ruang untuk menampung aspal serta udara pada campuran. Nilai *VMA* yang relatif besar mengindikasikan bahwa selimut aspal yang ada pada campuran semakin tebal, sehingga dapat dikatakan campuran tersebut semakin kedap terhadap air. Hasil pengujian campuran untuk nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.

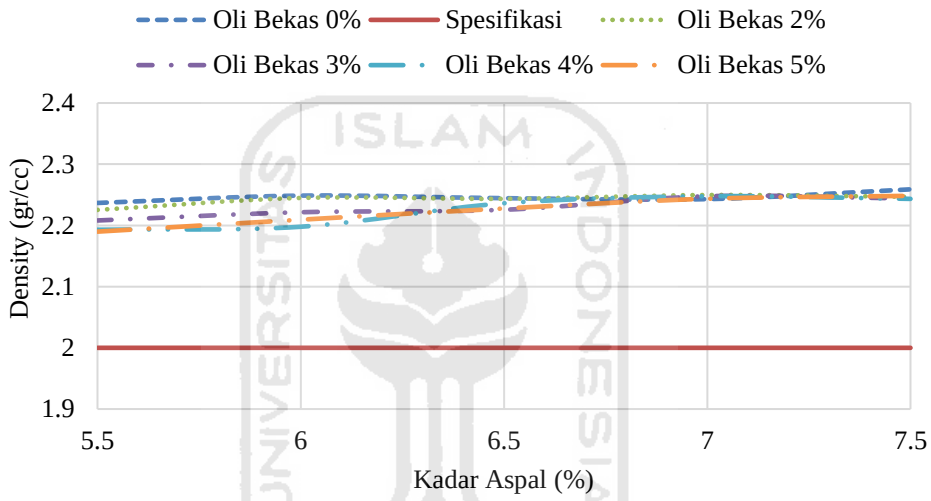


Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *VMA*

Berdasarkan Gambar 5.11 tentang grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VMA* dapat dilihat bahwa nilai *VMA* relatif semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada pengujian. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya kadar aspal yang digunakan, sehingga semakin tebal aspal yang menyelimuti antar partikel agregat. Pengaruh penggunaan oli pada kadar aspal yang sama, campuran dengan lebih banyak peremaja diperoleh nilai *VMA* yang relatif lebih besar.

7. *Density* (kepadatan)

Density merupakan derajat kepadatan suatu campuran dalam satuan volume setelah dilakukan proses pemadatan. Nilai kepadatan suatu campuran dapat mengindikasikan bahwa suatu campuran padat dan rapat serta mampu untuk menerima beban. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nlai kepadatan suatu campuran diantaranya adalah gradasi bahan campuran, temperatur pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Hasil pengujian campuran dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5. 12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa nilai kepadatan secara umum relatif semakin meningkat seiring dengan penamabahan kadar aspal yang digunakan pada campuran tersebut. Hal ini menyebabkan campuran tersebut relatif lebih padat dan rapat, sehingga dapat dikatakan campuran tersebut mampu melayani beban dengan baik. Pengaruh penggunaan oli bekas pada kadar aspal yang sama untuk menentukan KAO, campuran dengan lebih banyak peremaja nilai kepadatan relatif lebih kecil.

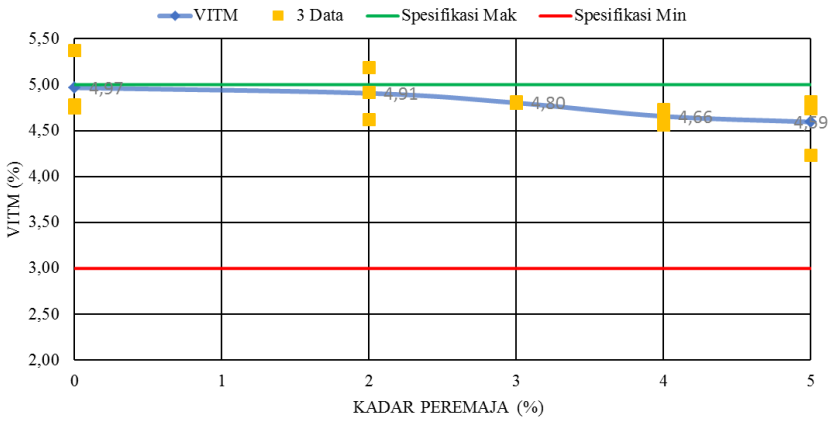
5.2.6 Kinerja Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dengan Peremaja Oli Bekas

Hasil dari Pengujian karakteristik *Marshall* mempunyai beberapa parameter yang ditinjau sebagai acuan, dengan mempertimbangkan setiap parameter harus memenuhi spesifikasi campuran yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Berikut adalah pembahasan beberapa parameter hasil uji karakteristik *Marshall* untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan peremaja pada campuran *SMA*.

1. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap *VITM* (*Void in the Total Mix*)

   VITM (*Void in the Total Mix*) adalah sisa rongga dalam campuran beton aspal yang sudah dipadatkan. Sisa rongga dalam campuran tersebut mempunyai fungsi sebagai tempat bergerak dan bergesernya butir agregat diakibatkan oleh beban lalu lintas yang berulang. Selain itu, rongga yang tersisa dalam campuran tersebut juga dapat menjadi ruang bagi aspal yang melunak akibat temperatur. Berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 1987 untuk nilai *VITM* adalah sebesr 3% - 5%.

   Niai *VITM* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah gradasi agregat, jenis dan kadar aspal, suhu, serta proses pemadatan campuran beton aspal. Pada penelitian ini digunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) yang merupakan gradasi berjenis gradasi senjang. Pada jenis gradasi senjang, rongga yang dimiliki relatif cukup besar dibandingkan dengan gradasi rapat pada campuran, sehingga kebutuhan kadar aspal yang digunakan juga tinggi dikarenakan untuk menyelimuti dan menutupi rongga udara campuran tersebut. Hasil dari pengujian karakteristik *Marshall* diperoleh grafik hubungan antara penambahan kadar peremaja dengan nilai *VITM* yang dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.

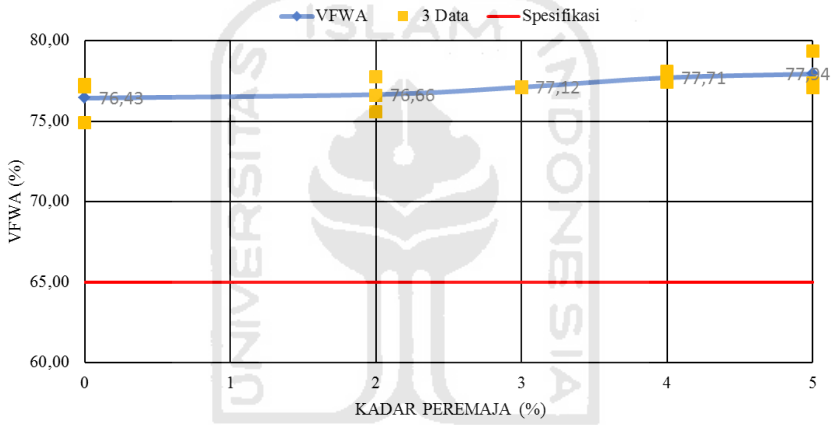


Gambar 5. 13 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VITM*

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* yang telah dilakukan bahwa kinerja campuran dapat dinyatakan dengan seiring penambahan kadar peremaja yang digunakan pada campuran, nilai *VITM* semakin mengalami penurunan.. Penelitian ini mempunyai kemiripan dengan yang telah dilakukan oleh Nono (2016) yang menyatakan bahwa penurunan nilai *VITM* seiring dengan penambahan kadar peremaja disebabkan oleh rongga butir agregat yang berada dalam campuran masih relatif cukup besar, sehingga memudahkan aspal untuk masuk kedalam rongga rongga campuran, dan campuran tersebut menjadi lebih padat. Selain itu, seiring bertambahnya kadar peremaja aspal yang ada, lebih melunak dan sifat ini juga memudahkan aspal mengisi rongga antar agregat. Pada hasil pengujian analisis statistik menggunakan *Anova* diperoleh bahwa penambahan kadar peremaja menurunkan nilai *VITM*, namun tidak signifikan. Pengaruh dari penggunaan serat ijuk pada pengujian yaitu serat ijuk mengisi rongga yang ada pada campuran sehingga ruang yang masih kosong dapat dilengkapi dengan penambahan ijuk tersebut selain itu sebagai penguat menstabilkan campuran *(strengthening)*.

2. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA merupakan rongga yang dapat terisi serta terselimuti oleh aspal yang ada dalam campuran. Pada dasarnya nilai *VFWA* yang semakin naik seiring bertambahnya kadar peremaja mengindikasikan rongga yang terisi aspal semakin banyak dan campuran tersebut lebih kedap terhadap air. Hasil dari pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan nilai *VFWA* sebagai salah satu parameter yang ditinjau dari pengujian diperoleh grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



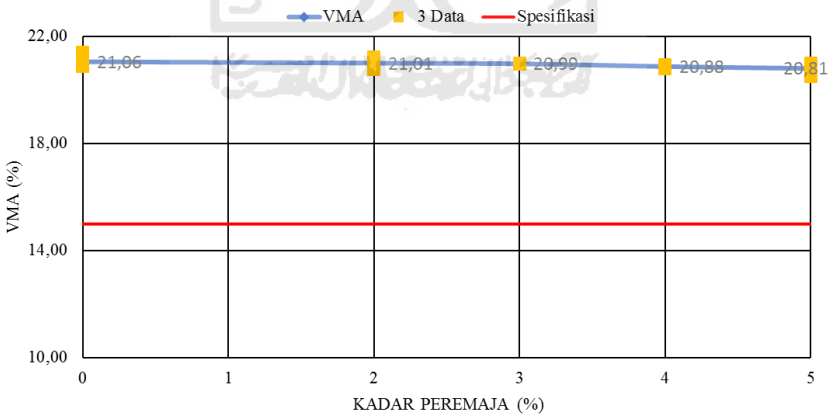
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VFWA*

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* didapatkan performa kinerja campuran untuk nilai *VFWA* relatif semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran. Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nono (2016) yang menyatakan bahwa kadar peremaja untuk minyak goreng yang ditambahkan menurunkan nilai *VFWA*, hal tersebut terjadi karena rongga yang ada masih relatif cukup besar. Namun pada penelitian ini nilai *VFWA* semakin meningkat yaitu dari segi kadar peremaja yang digunakan sudah berbeda dengan penelitian yang dikemukakan oleh Nono (2016). Selain itu, dari dasar teori yang sudah ada bahwa nilai *VFWA*

yang diperoleh dari penelitian ini mempunyai sinergisitas dengan nilai *VITM* yang semakin menurun yang mengindikasikan semakin sedikitnya pori atau rongga yang ada dalam campuran menandakan bagian yang terselimuti aspal juga semakin banyak. Pada hasil pengujian analisis statistik menggunakan *Anova* penambahan kadar peremaja meningkatkan nilai *VFWA*, namun tidak signifikan.

3. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap *VMA* (*Void in Material Aggregate*)

   VMA merupakan persentase banyaknya rongga antar butir agregat yang dapat terisi oleh aspal dan udara dalam campuran yang telah dipadatkan. Pada dasarnya dalam suatu campuran untuk nilai *VMA* mengalami penurunan sampai batas maksimum dan kemudian meningkat seiring dengan bertambahnya kadar paspal yang ada dalam campuran. Nilai *VMA* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantarnya oleh gradasi agregat, kadar aspal, dan proses pemadatan dari campuran. Hasil pengujian karakterisitik *Marshall* didapatkan grafik hubungan antara kadar peremja dengan nilai *VMA* yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



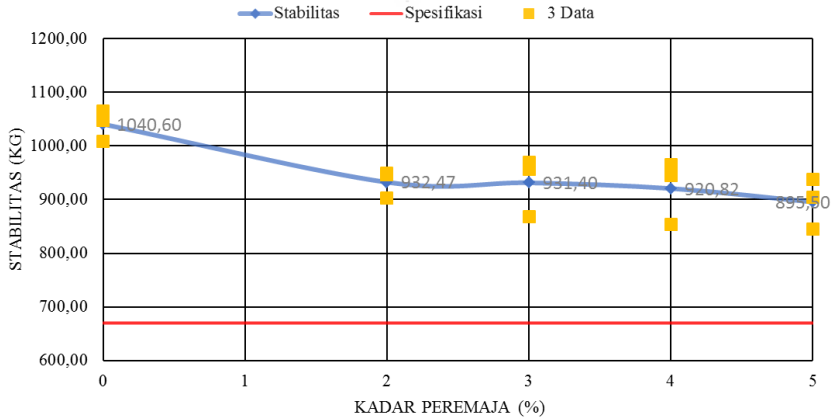
Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VMA*

Berdasarkan gambar grafik yang dihasilkan dari pengujian karakteristik *Marshall* dapat dinyatakan bahwa performa kinerja campuran dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran tersebut,

nilai *VMA* semakin menurun. pada penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nono (2016) yang menyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan menurunkan nilai *VMA*. Hal ini dapat terjadi akibat aspal yang menyelimuti rongga antar butir semakin tebal sehingga jarak antar agregat semakin jauh. Selain itu, dampak dari menurunnya nilai *VMA* yaitu campuran tersebut semakin lunak karena gaya *interlocking* antar agregat semakin turun akibat semakin jauhnya jarak antar agregat. Pada pengujian analisis statistik dengan menggunakan methode *Anova* diperoleh hasil bahwa pengaruh penambahan kadar peremaja pada campuran menurunkan nilai *VMA*, namun tidak signifikan.

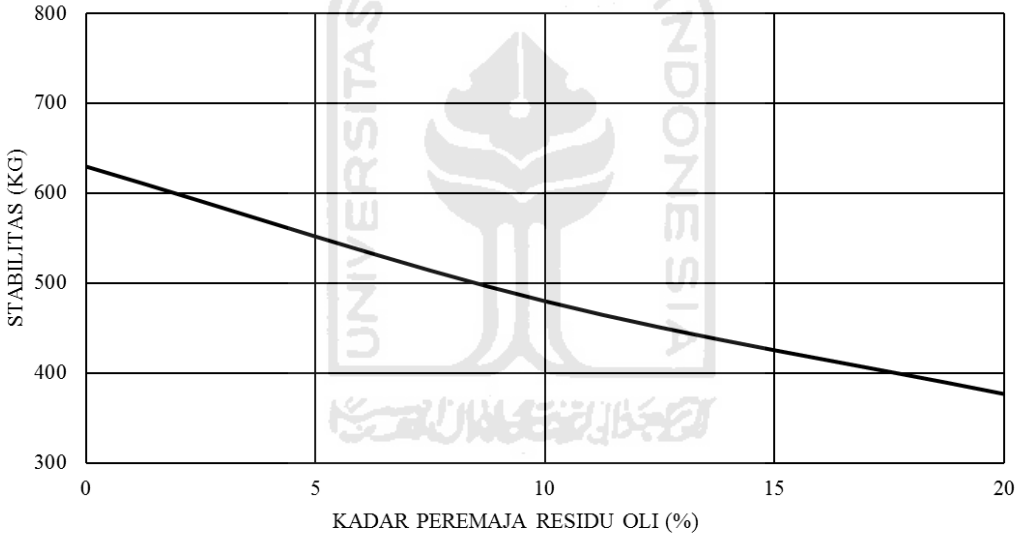
4. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap Nilai Stabilitas

   Nilai stabilitas suatu campuran dapat terbentuk akibat adanya gesekan internal antara butiran-butiran agregat yang saling mengunci. Nilai stabilitas juga dapat terbentuk akibat adanya kohesi atau daya lekat yang ditimbulkan oleh aspal terhadap agregat sehingga mampu memelihara dan menciptakan tekanan kontak antar agregat yang ada dalam campuran. Berikut adalah hasil pengujian didapatkan grafik hubungan antara kadar peremaja dan nilai stabilitas campuran *SMA* yang dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas Pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 5.16 tentang grafik hubungan kadar peramaja dengan nilai stabilitas campuran tersebut seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang ditambahkan dalam campuran maka nilai stabilitas campuran tersebut semakin menurun. Hal ini disebabkan karena penambahan bahan peremaja oli bekas menjadikan material *RAP* yang ada dalam campuran melunak, sehingga menyebabkan gaya ikat dan gaya saling mengunci yang terjadi antar butiran agregat semakin menurun, serta memudahkan campuran perkerasan mengalami deformasi. Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Wikanta (2010), untuk lebih jelasnya berikut adalah gambar grafik yang didapatkan dari hasil penelitian Wikanta (2010) dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Solar dengan Nilai Stabilitas

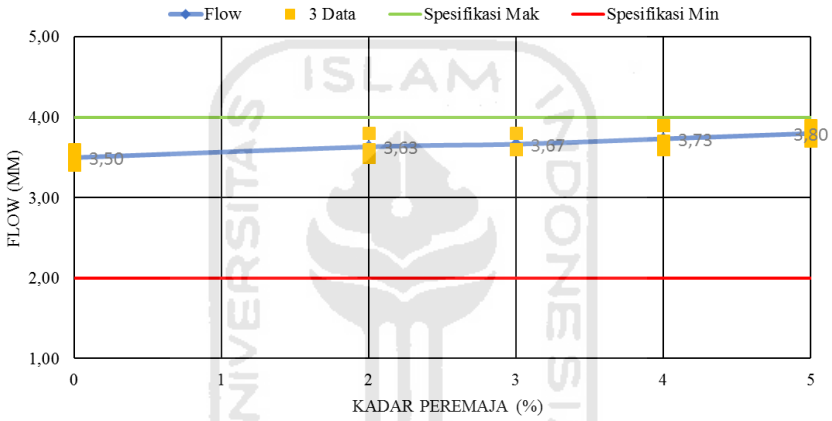
(Sumber : Wikanta, 2010)

Berdasarkan gambar grafik yang didapatkan pada penelitian oleh Wikanta (2010) yang menyatakan bahwa penurunan nilai stabilitas seiring dengan penambahan kadar peremaja disebabkan karena oli bekas mengencerkan aspal murni maupun aspal baru sehingga campuran melunak. Pada pengujian analisis statisik menggunakan *Anova* diperoleh pengaruh

penambahan kadar peremaja menyebabkan nilai stabilitas menurun secara signifikan dengan persentase penurunan sebesar 13,94%.

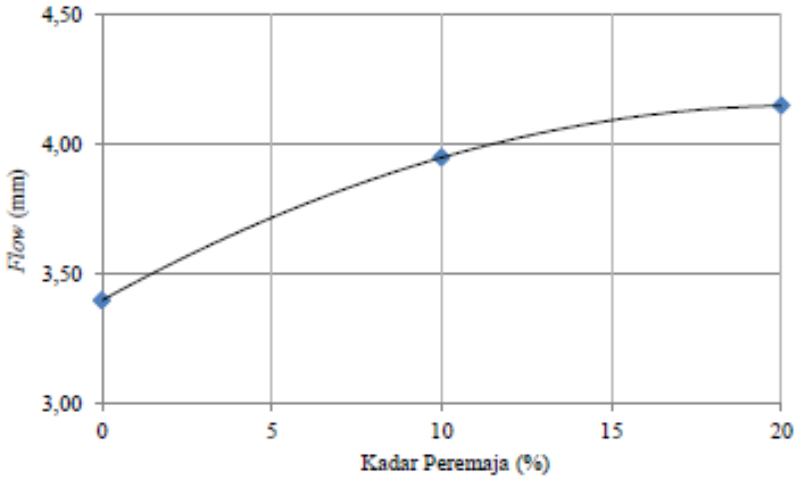
5. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap Nilai *Flow* (Kelelehan)

   Hasil dari pengujian karakteristik *Marshall* untuk megetahui salah satu parameter yang ditinjau yaitu nilai kelelehan campuran, dapat dilihat pada Gambar 5.18 tentang grafik pengaruh kadar peremaja terhadap nilai kelelehan berkut.



Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Flow*

Berdasarkan Gambar 5.18 tentang grafik hubungan kadar peremaja terhadap nilai kelelehan dapat dinyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran maka semakin meningkat nilai kelelehan campuran tersebut. Penelitian ini mempunyai kemiripan dengan penelitian yang dikemukakan oleh Pradipta (2010). Berikut adalah grafik hubungan kadar peremaja dan nilai kelelehan dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Pradipta (2010) dapat dilihat pada Gamba 5.19.



Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai *Flow*

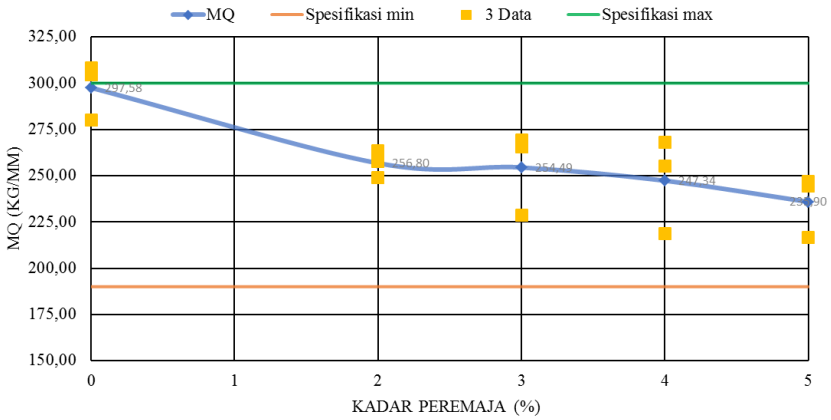
(Sumber : Pradipta, 2010)

Berdasarkan grafik dari uji yang dilakukan oleh Pradipta (2010) yang menyatakan bahwa peningkatan nilai kelelehan seiring bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran disebabkan oleh material *RAP* yang diberi penambahan kadar peremaja menjadi lebih lunak, sehingga nilai kelelehan semakin meningkat. Pada pengujian analisis statistik menggunakan methode *Anova* diperoleh hasil pengaruh penambahan peremaja pada material *RAP* meningkatkan nilai kelelehan, namun tidak signifikan.

.

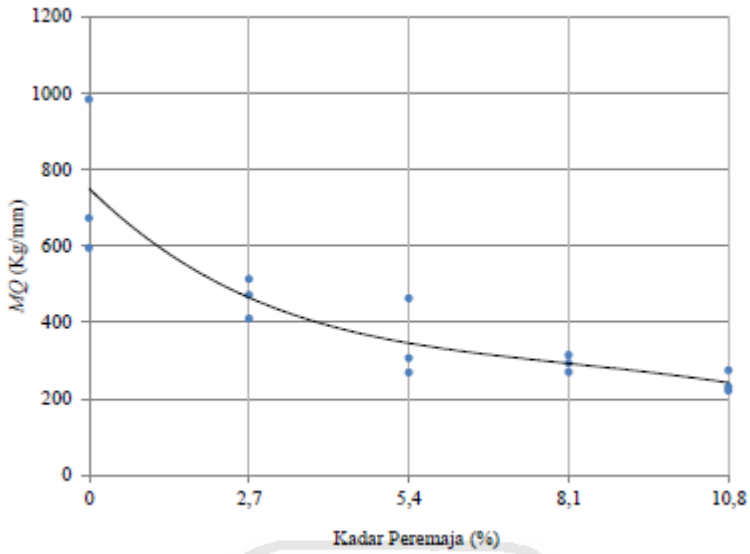
6. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap Nilai *MQ* (*Marshall Quotient*)

   Nilai *MQ* merupakan nilai perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *Flow* pada campuran. Nilai *MQ* dari suatu campuran dapat mengindikasikan suatu campuran tersebut mempunyai sifat kaku atau fleksibel. Pada dasarnya semakin tinggi nilai *MQ* suatu campuran maka menunjukan bahwa sifat campuran tersebut relatif kaku begitupun sebaliknya. Berikut adalah grafik hubungan antara kadar peremaja dan nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 5.20.



Gambar 5. 20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai MQ

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari pengujian ini dapat dinyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan maka nilai *MQ* semakin menurun, sehingga hal tersebut mengindikasikan bahwa kekakuan campuran juga semakin rendah. Pada pengujian analisis statistik dengan menggunakan methode *Anova* diperoleh hasil bahwa pengaruh penambahan peremaja pada material *RAP* menurunkan nilai *MQ* campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* secara signifikan, dengan penurunan nilai *MQ* yang terjadi sebesar 20,73%. Penelitian ini mempunyai kemiripan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfathi (2019) untuk nilai *MQ* yang diperoleh mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar peremaja. Hasil pengujian yang dilakukan oleh Alfathli (2019) dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.

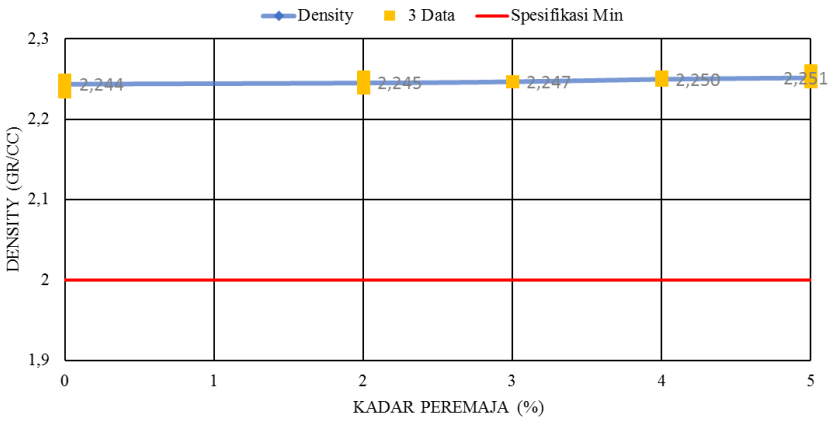


Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Kadar Peremaja dengan Nilai *MQ*

(Sumber : Alfathli, 2019)

7. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap Nilai *Density* (kepadatan)

   Nilai *Density* merupakan nilai yang menunjukan tingkat kepadatan suatu campuran setelah melalui pemadatan campuran. Pada dasarnya nilai dengan tingkat kepadatan yang tinggi mampu menahan beban lebih baik. Grafik hubungan antara penambahan kadar peremaja dan nilai kepadatan dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5. 22 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Density*

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar peremaja oli bekas

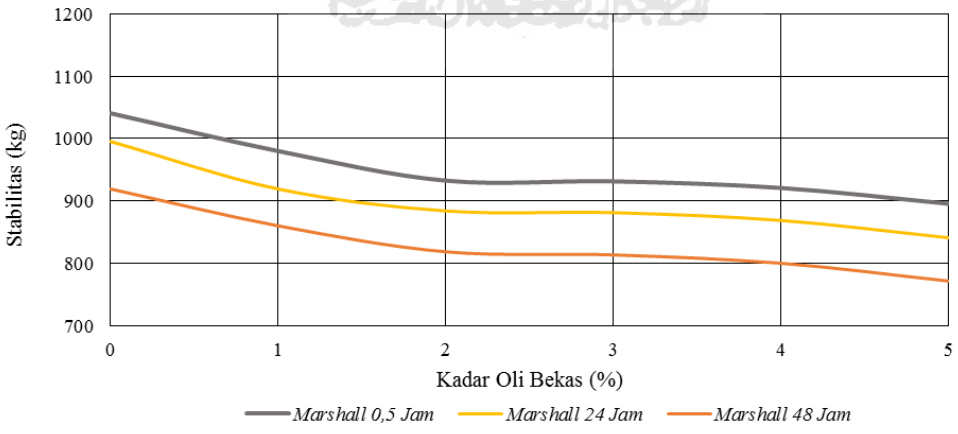
nilai kepadatan suatu campuran semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh melunaknya material *RAP* sehingga campuran semakin padat dan rapat dengan semakin banyak aspal yang dibutuhkan menyelimuti agregat, selain itu faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan semakin meningkat karena terdapat bahan tambah berupa serat ijuk yang digunakan dalam campuran tersebut. Penelitian ini sejalan dengan kajian yang dilakukan AlFathli (2019), namun tidak sejalan dan terdapat perbedaan nilai dengan yang dilakukan oleh Pradipta (2010).

5.2.7 Pengaruh kadar Peremaja Oli Bekas Terhadap karakteristik *Index of Retained Strength*

Pembahasan setiap parameter yang ditinjau dari hasil pengujian *Index of Retained Strength* terhadap karakteristik campuran *SMA* adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas Rendaman

   Stabilitas rendaman merupakan pengujian untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat perubahan air, suhu dan cuaca. Perendaman yang dilakukan pada pengujian ini dibagi menjadi 3 tipe perendaman yaitu 0,5 jam, 24 jam, 48 jam dengan masing masing perendaman menggunakan suhu sebesar 60 °C. Berikut adalah hasil pengujian untuk stabilitas rendaman dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambarr 5.24.



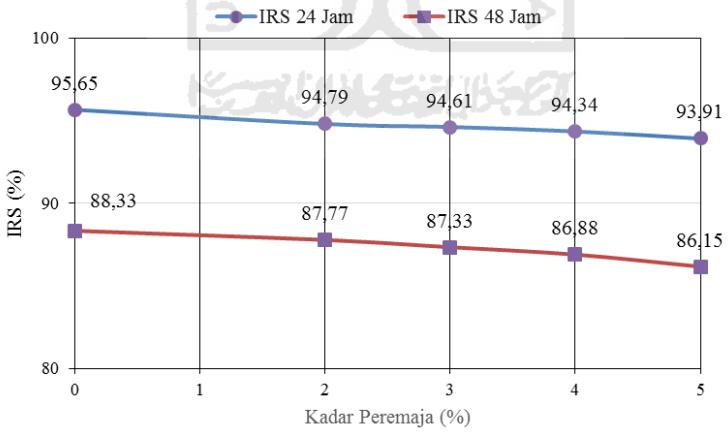
Gambar 5. 23 Grafik Pengaruh Kadar Oli Terhadap Stabilitas Perendaman 0,5 jam, 24 jam, 48 Jam

Berdasarkan Gambar 5.23 tentang grafik pengaruh kadar oli dan stabilitas rendaman dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman nilai

Marshall semakin jauh lebih rendah. Berdasarkan grafik nilai *Marshall* rendaman 24 jam lebih rendah daripada *Marshall* rendaman 0,5 jam, begitupun *Marshall* rendaman 48 jam lebih rendah dari *Marshall* rendaman 0,5 jam dan 24 jam. Hal ini diakibatkan karena banyaknya air yang masuk ke pori campuran seiring dengan lamanya rendaman sehingga mengurangi tingkat ikatan adhesi antara aspal dan agregat. Pengaruh oli pada hasil tersebut mengindikasikan penambahan yang berlebih dari penggunaan oli melunakan *RAP*, dan menurunkan nilai stabiltas.

2. *Indirect of Retained Strength* (*IRS*)

Indirect of Retained Strength (IRS) merupakan angka yang digunakan untuk mengevaluasi keawetan suatu campuran dan mengetahui indeks durabilitas pertama (IDP), serta indeks durabilitas kedua (IDK). Nilai *IRS*, IDP dan IDK saling berhubungan dalam perhitungannya untuk memperolehnya yaitu membandingkan antara nilai kekuatan tekan benda uji standar perendaman 0,5 jam dengan 24 jam dan 48 jam pada suhu 60 °C. Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.24 tentang grafik hubungan antara kadar oli bekas dengan nilai *IRS* 24 jam dan 48 Jam berikut.

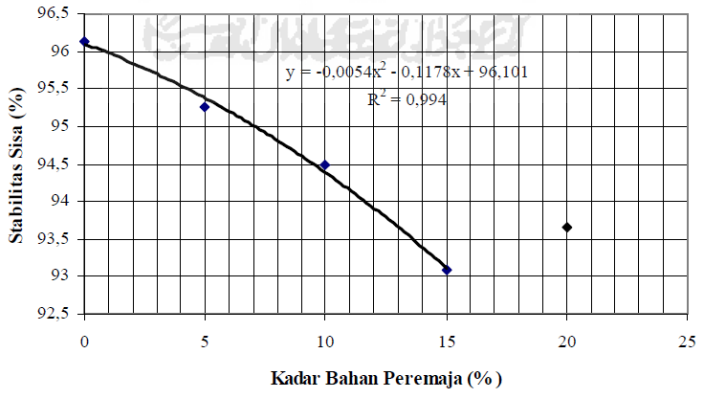


Gambar 5. 24 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai *IRS* 24 Jam dan 48 Jam

Berdasarkan Gambar 5.24 tentang grafik hubungan pengaruh kadar oli terhadap nilai *IRS* 24 jam dan 48 jam masing masing diperoleh nilai yaitu untuk *IRS* 24 jam didapatkan persentase sebesar 95,65%, 94,79%, 94,61%,

94,34%, dan 93,91%, sedangkan untuk *IRS* 48 jam diperoleh hasil sebesar 88,33%, 87,77%, 87,73%, 86,88%, dan 86,15%. Hasil dari pengujian dapat dilihat pengaruh perendaman mempengaruhi kualitas campuran. Berdasarkan nilai yang didapatkan pada nilai *IRS* 24 jam semua nilai memenuhi persyaratan dari spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 90%, namun pada *IRS* 48 jam nilai yang diperoleh sudah tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

Pada pengujian analisis statistik dengan menggunakan methode *Anova* diperoleh pengaruh penambahan peremaja pada material *RAP* menurunkan nilai *IRS* secara signifikan dengan masing masing besar penurunan nilai untuk *IRS* 24 jam sebesar 1,74% dan untuk *IRS* 48 jam sebesar 2,18%. Penelitian ini mempunyai kemiripan dengan penelitian Kasan (2009) yang menyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar peremaja yang digunakan berupa oli bekas menyebabkan nilai *IRS* semakin menurun. Hal ini dapat berakibat pada penurunan *interlocking* antar agregat sehingga agregat bertambah lunak. Grafik hubungan antara nilai *IRS* dengan penambahan kadar peremaja tersebut dapat dlihat pada Gambar 5.25 berikut.

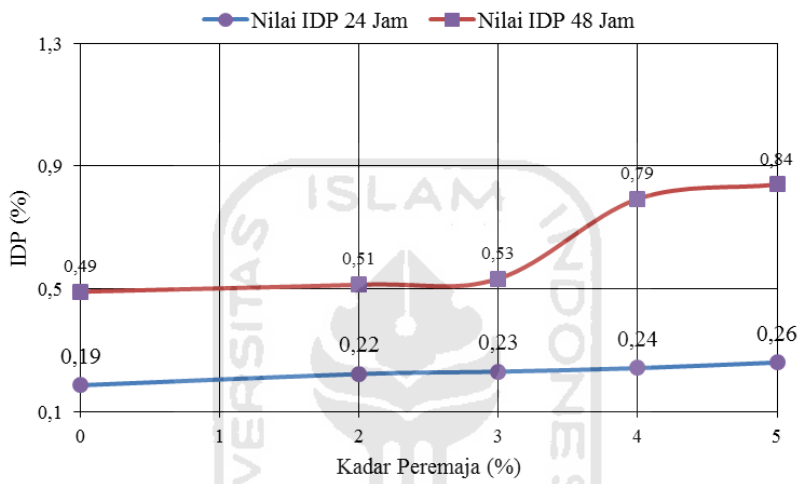


Gambar 5. 25 Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *IRS*

(Sumber : Kasan, 2009)

3. Indek Durabilitas Pertama (IDP)

   Indek Durabilitas Pertama (IDP) merupakan hilangnya persentase kekuatan suatu campuran selama perendaman. Hasil dari perhitungan IDP perendaman 24 jam dan perendaman 48 jam yang terjadi pada campuran *SMA* penelitian ini, diperoleh grafik hubungan yang dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.

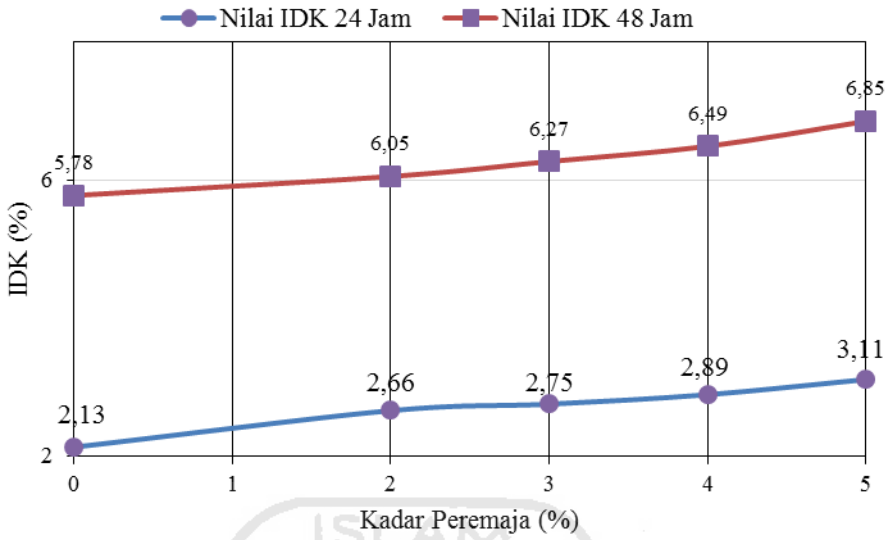


Gambar 5. 26 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama

Berdasarkan Gambar 5.26 grafik tentang pengaruh kadar peremaja oli bekas terhadap nilai IDP perendaman 24 jam dan 48 jam mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar peremaja yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa kinerja dari campuran dengan bertambahnya kadar peremaja oli bekas maka semakin hilangnya juga kekuatan yang ada pada campuran tersebut.

4. Indek Durabilitas Kedua (IDK)

   Indek Durabilitas Kedua (IDK) merupakan indikator selain *IRS* dan IDP yang dapat digunakan untuk melihat perubahan tingkat durabilitas suatu campuran. Hasil grafik dari perhitungan IDK dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5. 27 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Oli BekasTerhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua

Berdasarkan Gambar 5.27 grafik tentang pengaruh kadar peremaja oli bekas terhadap nilai IDK perendaman 24 jam dan 48 jam mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar peremaja yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja oli bekas maka semakin hilangnya juga kekuatan yang ada pada campuran tersebut. Hasil dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa pada kehilangan kekuatan yang terjadi pada perendaman 48 jam relatif lebih tinggi dari 24 jam, hal ini mengindikasikan juga bahwa perendaman yang semakin lama meningkatkan persentase kehilangan kekuatan campuran.

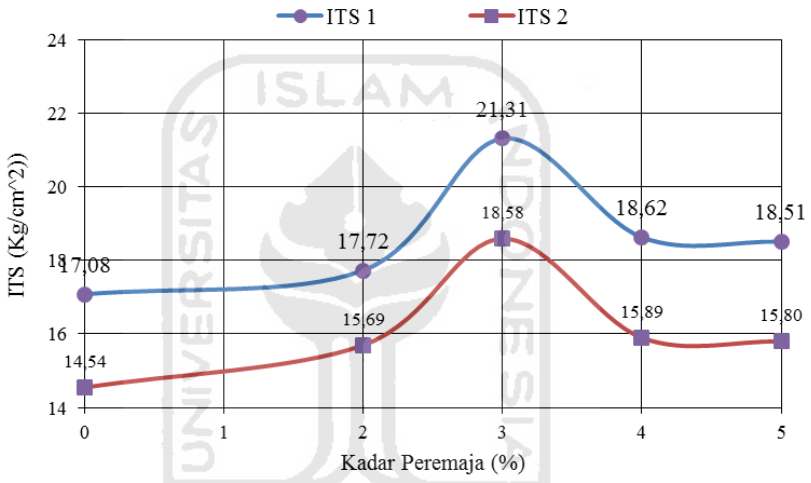
5.2.8 Karakteristik *Tensile Strength*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik dari campuran beton aspal akibat dari beban lalu lintas yang diterima. Pada penelitian ini pengujian *ITS* dilakukan 2 tipe pengujian yaitu menggunakan methode pengujian *ITS uncondition* (pengujian kuat tarik standar) dan pengujian *ITS condition* (pengujian kuat tarik dengan variasi perendaman). Hasil dari masing masing kedua tipe pengujian tersebut, diperoleh perbandingan untuk mendapatkan nilai *TSR (Tensile Strength Ratio)* yaitu nilai

indeks kuat tarik tidak langsung yang dihasilkan dari variasi perendaman. Berikut adalah pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

1. *Indirect Tensile Strength condition* dan *uncondition*

   ITS uncondition merupakan pengujian yang dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kuat tarik standar tanpa menggunakan perendaman sedangkan *ITS condition* menggunakan perendaman pada suhu 60 ^{o}C. Penelitian ini digunakan jangka waktu perendaman 24 jam. Berikut adalah grafik yang didapatkan dari hasil pengujian *ITS* dapat dilihat pada Gambar 5.28.



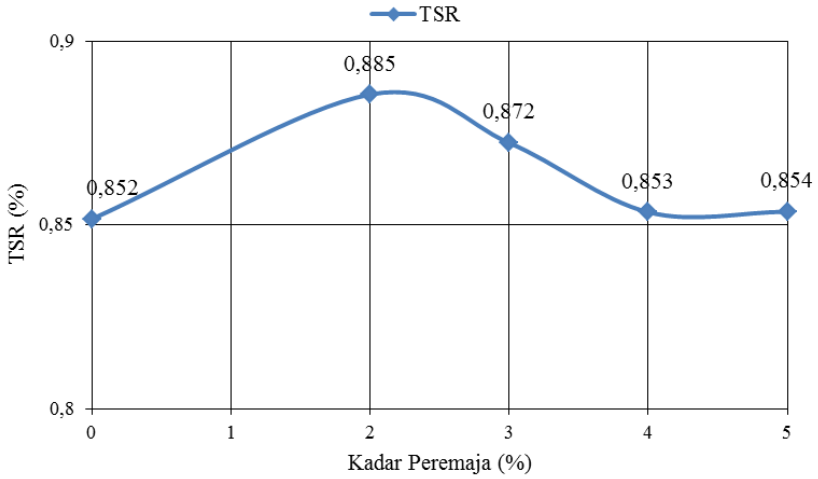
Gambar 5. 28 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Oli Bekas dengan Nilai *ITS Uncondition* dan *Condition*

Berdasarkan Gambar 5.28 grafik hubungan kadar peremaja oli bekas dengan Nilai *ITS Uncondition* dan *Condition* dapat dinyatakan bahwa pada pengujian *ITS Uncondition* bermula dari kadar peremaja 0% - 3% nilai *ITS* mengalami kenaikan dan pada kadar peremaja 4% - 5% mengalami penurunan. Hal ini juga terjadi pada pengujian *ITS Condition* yang mengalami peningkatan nilai *ITS* pada rentang kadar peremaja 0% - 3% dan mengalami penurunan pada kadar peremaja 4% - 5%. Pengujian ini mempunyai kemiripan dengan penelitian Alfathli (2019) yang menyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar peremaja semakin besar pula nilai *ITS* hingga mencapai suatu titik optimum nilai *ITS* menurun. Hal ini dapat diartikan bahwa pada saat rentang kadar peremaja 0% - 3% campuran masih

mampu menahan dengan baik kuat tarik yang terjadi karena aspal yang keras dan getas mulai melunak sehingga menyebabkan campuran menjadi liat dan kohesinya meningkat, pada titik optimum kinerja dari campuran tersebut dengan material *RAP* baru dapat menahan beban tarik yang besar dimana pada penelitian ini mencapai optimum untuk masing masing pengujian sebesar 21,31 Kg/cm^2 dan 18,58 Kg/cm^2, sedangkan setelah mencapai titik optimum yaitu pada rentang 4% - 5% campuran sudah tidak mampu menerima kuat tarik yang terjadi, sehingga terjadi penurunan nilai *ITS* karena aspal terlalu lunak yang menyebabkan kemampuan menahan tariknya rendah. Berdasarkan hasil perbandingan kedua Pengujian *ITS* penelitian ini dapat dilihat bahwa nilai *ITS condition* relatif lebih tinggi daripada *ITS uncondition*. Hal ini terjadi akibat adanya pengaruh suhu dan air yang mempengaruhi kondisi campuran, sehingga campuran melunak dan air mengurangi gaya ikat antar agregat dengan masuk ke pori pori campuran tersebut. Pada pengujian analisis statistik dengan menggunakan methode *Anova* diperoleh hasil bahwa penambahan peremaja pada material *RAP* berpengaruh secara signifikan, dengan peningkatan masing masing sebesar 19,85 % dan 21,74%. Selain itu, pengaruh dari penggunaan serat ijuk pada pengujian kuat tarik ini yaitu mengisi rongga pada agregat dan saling mengikat antar agregat satu sama lain, sehingga ikatan antar agregat kuat dan menstabilkan campuran atau sebagai (*strengthening)*.

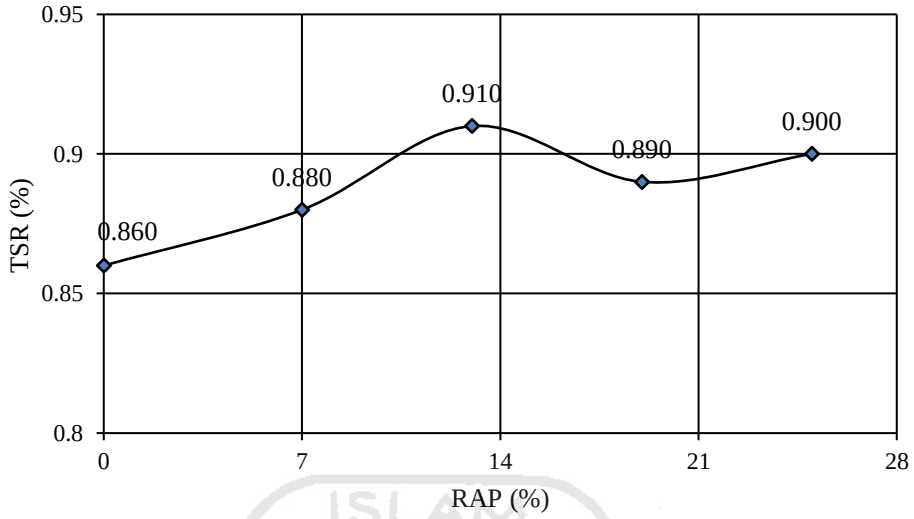
2. *Tensile strength Ratio*

   Tensile strength Ratio merupakan nilai yang didapat dari perhitungan perbandingan antara nilai *ITS uncondition* dan *condition*. Berikut adalah grafik yang diperoleh dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.29.



Gambar 5. 29 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *TSR*

Berdasarkan grafik yang diperoleh performa kinerja campuran untuk nilai *TSR* dari setiap kadar peremaja sudah memenuhi spesifikasi dengan nilai diatas 80%, yang mengindikasikan campuran rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Pada kadar peremaja 0% sampai 2% nilai *TSR* mengalami peningkatan mengindikasikan kinerja campuran pada kadar tersebut benda uji masih mampu menahan beban yang di berikan, namun seiring dengan penambahan kadar oli bekas pada pengujian tersebut terus mengalami penurunan dari 3% sampai di 5%. Penurunan tersebut disebabkan karena penambahan peremaja yang berlebih menyebabkan material *RAP* melunak seiring dengan penambahan yang digunakan dalam campuran, sehingga kuat tarik pada campuran menurun. Penelitian ini sedikit berbeda dengan yang dilakukan oleh Fattah dkk (2017) yang menyatakan bahwa nilai *TSR* justru meningkat seiring dengan penambahan persen *RAP* yang ditambahkan, perbedaan ini terjadi karena perbedaan penggunaan variabel bebas pada pengujian. Berikut grafik hubungan nilai *TSR* dengan persentase *RAP* yang digunakan pada penelitian Fattah dkk (2017) dapat dilihat pada Gambar 5.30.

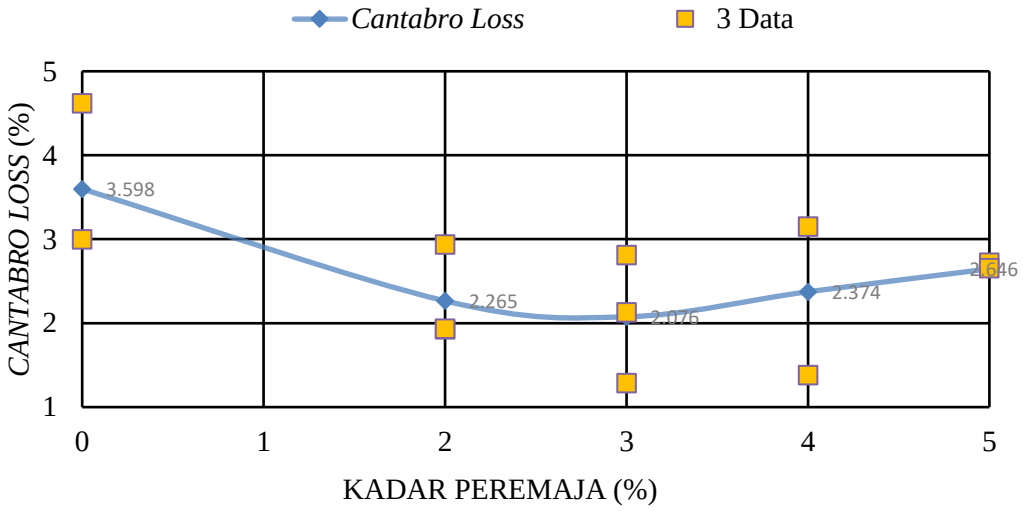


Gambar 5. 30 Grafik Hubungan Nilai *TSR* dan Persentase *RAP*

(Sumber : Fattah dkk, 2017)

5.2.9 Pengaruh Kadar Oli Bekas Terhadap Nilai *Cantabro Loss*

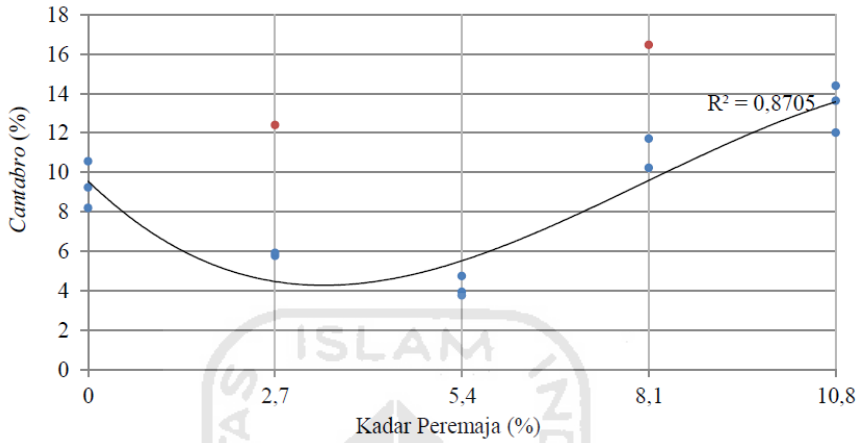
Pengujian *Cantabro* mempunyai tujuan untuk mengetahaui ketahanan dan kekuatan dari campuran terhadap pengaruh atau *impact* (tumbukan/Pembebanan) beban roda kendaraan berulang melintasi suatu lapis permukaan perkerasan yang dapat menurunkan sifat daya dan keausan perkerasan tersebut. Berikut adalah grafik tentang hubungan antara kadar peremaja dan pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.30.



Gambar 5. 31 Grafik Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Pengujian *Cantabro*

Berdasarkan Gambar 5.30 tentang grafik hubungan pengaruh kadar peremaja terhadap kehilangan berat dapat dilihat bahwa seiring dengan pertambahan kadar peremaja yang digunakan dalam campuran, maka nilai *Cantabro Loss* semakin menurun hingga mencapai peurunan pada kadar peremaja 3 % dengan nilai sebesar 2,076 %, kemudian nilai *Cantabro Loss* mulai naik kembali pada kadar peremaja 4% - 5 %. Peristiwa yang ditunjukkan dari pengujian *Cantabro* tersebut, bahwa pada kadar 0% yang menurun hingga kadar di 3% menunjukan daya ikat antar agregat dan ketahanan campuran semakin bagus, serta disintegrasi akibat benturan semakin kecil, namun seiring dengan pertambahan kadar peremaja mulai dari 4% - 5% disintegrasi yang terjadi semakin besar karena daya ikat antar agregat mulai berkurang yang disebabkan oleh semakin melunaknya material *RAP* oleh penambahan kadar oli yang berlebih. Pengaruh dari serat ijuk pada pengujian ini adalah mengikat antar agregat untuk menstabilkan campuran sehingga disintegrasi yang terjadi pada campuran akibat dari benturan dapat diperkecil. Pada pengujian analisis statistik dengan menggunakan methode *Anova* penggunaan oli bekas sebagai peremaja tidak signifikan berpengaruh pada nilai *Cantabro Loss*. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Alfathli (2019) yang menyatakan bahwa

semakin kecil nilai *Cantabro Loss* maka ketahanan campuran suatu perkerasan akan lebih bagus terhadap beban lalu lintas. Grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *Cantabro Loss* pada penelitian Alfathli (2019) dapat dilihat pada Gambar 5.32.



Gambar 5. 32 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *Cantabro Loss*

(Sumber : Alfathli, 2019)

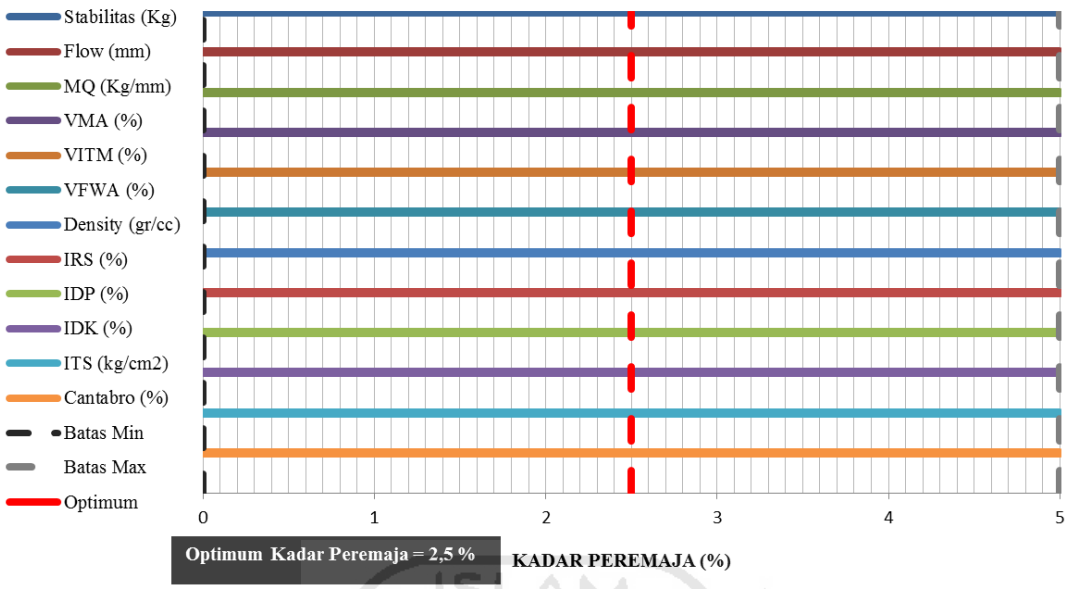
5.2.10 Pengaruh Kadar Peremaja Terhadap Karakteristik Campuran *SMA*

Hasil dari penelitian dapat dinyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar peremaja yang ditambahkan untuk meremajakan material *RAP* dapat meningkatkan beberapa parameter karkteristik dan juga menurunkan kinerja beberapa karakteristik campuran *SMA* dengan tambahan serat ijuk.

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* dapat dilihat Pada Tabel 5.19 dan Pengambilan nilai optimum kadar peremaja pada rentang yang disarankan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.32.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan Oli Bekas Sebagai Bahan Peremaja *RAP*

Parameter	**Kadar Peremaja (%)**					***Anova***
	0	**2**	**3**	**4**	**5**	
Stabilitas (Kg)	1040,60	932,47	931,40	920,82	895,50	Signifikan
Flow (mm)	3,50	3,63	3,67	3,73	3,80	Tidak Signifikan
MQ (kg/mm)	297,58	256,80	254,49	247,34	235,90	Signifikan
VITM (%)	4,97	4,91	4,80	4,66	4,59	Tidak Signifikan
VFWA (%)	76,43	76,66	77,12	77,71	77,94	Tidak Signifikan
VMA (%)	21,06	21,01	20,99	20,88	20,81	Tidak Signifikan
Densiy (gr/cc)	2,244	2,245	2,247	2,250	2,251	Tidak Signifikan
ITS Uncondition (Kg/cm^2)	17,0783	17,7242	21,306	18,6237	18,506	Signifikan
ITS Condition (Kg/cm^2)	14,5443	15,6942	18,5847	15,894	15,7962	Signifikan
IRS 24 Jam (%)	95,649	94,7907	94,6063	94,3368	93,9053	Signifikan
IRS 48 Jam (%)	88,3255	87,7668	87,3306	86,885	86,1518	Signifikan
Cantabro Loss (%)	3,598	2,265	2,076	2,374	2,646	Tidak Signifikan



Gambar 5. 33 Grafik Persentase Optimum Penambahan Bahan Peremaja Pada Material *RAP* Terhadap Campuran *SMA*

Berdasarkan Gambar 5.33 untuk pengaruh penambahan bahan peremaja pada material *RAP* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* cenderung dapat meningkatkan beberapa parameter uji yang ditinjau, namun seiring dengan penambahan kadar peremaja yang ditambahkan setelah rentang yang disarankan dalam penelitian, bahan peremaja tersebut dapat memberi efek deformasi akibat dari melunaknya material *RAP*. Pada penelitian ini disarankan rentang kadar peremaja yang dapat digunakan untuk mendapatkan hasil yang baik dalam campuran yaitu pada rentang kadar peremaja 2% - 3% dengan kadar peremaja optimum yang diperoleh sebesar 2,5% dari berat aspal lama pada material *RAP*.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis perhitungan yang telah dilakukan untuk pengaruh penambahan bahan peremaja berupa oli bekas pakai kendaraan bermotor pada material *RAP* terhadap campuran bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada material *RAP* diperoleh beberapa nilai yang dihasilkan dari pengujian karakteristik untuk mengetahui kualitas material *RAP* yang telah dilakukan diantaranya adalah kadar aspal yang masih terkandung pada material *RAP* sebesar 4,564 % dan uji penetrasi didapatkan nilai 51,4 mm, serta uji titik lembek 53°C. Pada pengujian dihasilkan nilai yang belum memenuhi spesifikasi untuk penggunaan kembali secara langsung material *RAP,* maka pemanfaatan kembali material tersebut perlu diberi peremaja untuk mengembalikan sifat awal material tersebut.
2. Penambahan bahan peremaja berupa oli bekas kendaraan bermotor yang digunakan dalam campuran pada proporsi penggunaan pada rentang 0% - 5% cenderung menurunkan nilai dari beberpa parameter yang ada pada uji karakteristik *Marshall* diantaranya adalah nilai dari stabilitas, *VITM, VMA,* dan *MQ*, namun kadar peremaja oli bekas justru relatif meningkatkan nilai dari *Flow, VFWA,* dan *Density* pada campuran *Split Mastic Asphalt 0/11*. Pengaruh penggunaan kadar oli bekas yang digunakan mengalami kondisi optimum pada kadar 2% - 3%. Penambahan kadar oli yang berlebih pada campuran dapat menyebabkan penurunan kinerja campuran hingga terjadinya deformasi.
3. Pengaruh penambahan kadar peremaja oli bekas pada pengujian *immersion* didapatkan hasil untuk masing masing peninjauan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu seiring dengan penambahan oli bekas relatif menurunkan

nilai *IRS* baik di variasi perendaman 24 jam maupun 48 jam. Masing masing nilai yang di dapatkan adalah untuk *IRS* 24 jam didapatkan persentase sebesar 95,65%, 94,79%, 94,61%, 94,34%, dan 93,91%, sedangkan untuk *IRS* 48 jam diperoleh hasil sebesar 88,33%, 87,77%, 87,73%, 86,88%, dan 86,15%. Pada perendaman 24 jam nilai *IRS* untuk setiap variasi masih memenuhi persyaratan spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu minimum 90%, sedangakan pada perendaman 48 jam nilai *IRS* pada setiap variasi kadar peremaja sudah tidak memenuhi syarat spesifikasi karena kurang dari 90%. Pada nilai *IRS* 48 jam yang lebih kecil dari 24 jam menandakan bahwa lamanya perendaman mempengaruhi nilai *IRS*. Pengaruh penambahan oli bekas sebagai peremaja pada material *RAP* yang berlebih dapat menurunkan kinerja campuran.

4. Pada Campuran *RAP* – aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* nilai *ITS uncondition* cenderung meningkat pada kadar peremaja 0% - 3% dengan besar peningkatan hingga 21,74% dan mulai menurun pada kadar 4% dan 5%, begitupun dengan nilai yang didapatkan untuk nilai *ITS condition* dengan penambahan kadar peremaja juga meningkatkan nilai *ITS* pada kadar permeja 0% -3% dengan besar peningkatan hingga 19,85 % dan menurun mulai dari kadar 4% hingga 5%. Dari grafik hasil pengujian *ITS* penambahan kadar peremaja mulai dari 0% - 3% memiliki ketahanan yang baik bila digunakan pada campuran karena relatif meningkatkan nilai *ITS* . Nilai *ITS* yang tinggi mengindikasikan semakin baik untuk menerima beban lalu lintas. Berdasarkan hasil pengujian ini juga dihasilkan nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* yang seiring bertambahnya kadar peremaja nilai TSR relatif menurun dengan nilai yang didapat adalah 85,2%, 88,5%, 87,2%, 85,3%, 85,4%. Hasil setiap variasi kadar peremaja untuk nilai *TSR* yang ditambahakan masih memenuhi syarat *Asphalt Institute* yaitu > 80%. Pada penelitian ini penggunaan oli bekas pada campuran material *RAP* berpengaruh pada rentang yang disarankan 2% - 3% dengan didapatkan hasil yang cukup baik untuk kekuatan tarik dan mampu menerima beban lalu lintas.

5. Pada penelitian ini nilai *Cantabro* yang didapatkan dari pengaruh kadar peremaja berupa oli bekas pakai kendaraan bermotor yang digunakan untuk meremajakan materia *RAP* pada campuran bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* mengalami penurunan mulai dari kadar peremaja 0% hingga 3 % sebesar 2,076 %, kemudian naik pada rentang 4% hingga 5%. Nilai *Cantabro* pada penelitian ini untuk masing masing variasi kadar peremaja masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 kehilangan berat adalah ≤ 20%. Berdasarkan pengujian Oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* berpengaruh terhadap karakteristik campura*n Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dengan kadar yang disarankan sebesar 2% - 3%. Pada rentang kadar tersebut didapatkan disintegrasi yang kecil dan ketahanan campuran akibat benturan yang baik untuk menerima beban lalu lintas.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang sudah didapatkan, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut.

1. Pada Campuran *RAP* – aspal baru dengan menggunakan gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 yang menggunakan oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* disarankan menggunakan kadar peremaja sebesar 2% - 3% untuk mengasilkan campuran yang stabil dang tidak getas, serta cukup baik menerima beban lalu lintas.
2. Pada penelitian ini masih mengabaikan sifat kimia dan pengujian karakteristik yang kurang mendalam dari bahan oli bekas maupun serat selulosa berupa serat ijuk, maka penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian mengenai sifat kimiawi dan pengujian karakteristik material peremaja serta serat selulosa lebih mendalam untuk mengetahui pengaruh peremaja tersebut pada material *RAP* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.
3. Pada penelitian ini masih menggunakan kadar yang sama untuk penggunaan material ijuk tanpa ada variasi, sehingga belum terlihat lebih spesifik pengaruh kinerja campuran gradasi yang menggunakan *Mastic*

atau serat, maka penelitian selanjutnya dapat menambahkan variasi yang digunakan sebagai mastic pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* untuk mendaptkan komposisi campuran yang lebih matang.

4. Penggunaan serat ijuk pada penelitian ini masih menggunakan serat pabrikan dari toko yang sudah dibersihkan, untuk lebih baik dan kandungan selulosa yang masih banyak dapat menggunakan serbuk asli serat langsung dari pohon aren, sehingga dapat menghasilkan serat selulosa yang dibutuhkan sebagai *mastic* dalam campuran *SMA 0/11*.
5. Penelitian tentang *Recycling Asphalt* dapat dilakukan lebih lanjut dengan menggunakan bahan peremaja dan jenis gradasi campuran yang lainnya untuk mendapatkan suatu perkerasan yang baik dan mampu diterapkan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfathli, M. 2019. Pengaruh Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) Terhadap Campuran Aspal Bergradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Alkas, Y., dan Jazir, M. 1997. Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah pada Campuran HRS *(Hot Rolled Sheet)* yang Menggunakan Gradasi Tengah. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia,Yogyakarta.

Ambarwati, E. 2010. Kajian Kuat Tekan Terhadap Karakteristik Aspal Beton Pada Campuran Hangat Dengan Modifikasi Agregat Baru- *RAP* Dan Aspal Residu Oli. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Asphalt Institute. 1993. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types, Manual Series* No. 6, *Sixth Edition*. Lexington, USA.

Direktorat Jendaral Bina Marga. 1983. *Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum. Edisi 2010 (Rev.3).

Fattah M. Y., Qasim Z. I., Zuhier Y. A. 2017. *Impact of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) on Properties of Asphalt Mixture for Surface Layer. Global Journal of Engineering Science and Research Management.* ISSN 2349 – 4506. Iraq.

Gregorius L. A., Djakfar, L., Zaika, Y., 2010. Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt* dengan beberapa Material dari Kalimantan. *Jurnal Rekayasa Sipil.* Vol. 4, No. 3. Malang.

Kasan, M. 2009. Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang. *Majalah Ilmiah Mektek* Vol. XI No.2. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako. Palu.

Maulida, A. 2014. Peningkatan Kualitas Aspal Sintetis dari Campuran Limbah Ban Alam dan Plastik *(Polyethylene Terephthalate)* dengan Pelarut Oli Bekas. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

Mustofa, H. 2016. Pengembangan Campuran Bergradasi Split Mastic Asphalt (*SMA*) Menggunakan Bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* Dan Limbah Arang Batubara. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

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

Pradipta, W. 2010. Karakteristik Permeabilitas Pada Aspal Beton Campuran Hangat untuk Campuran antara Agregat Baru – *Reclaimed Asphalt Pavement* dan Aspal – Residu Oli. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Prasetyo, A. 2012. Analisa Pengaruh Beban Berlebih *(Overload)* Terhadap Umur Rencana Perkerasan Jalan Menggunakan Nottingham Design Method (Studi Kasus : Ruas Jalan Pantura). *Naskah Publikasi Ilmiah*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Rif'an, A. 2016. Pengembangan Campuran *SMA* (*Split Mastic Asphalt*) Menggunakan Bahan *RAP* (*Reclaimed Asphalt Pavement*) Dan Ijuk. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Sarwono, D., Florentina, P. P., dan Devi P. N. 2018. Karakteristik Ekstrak Asbuton dengan Metode Asbuton Emulsi Menggunakan Peremaja Ol Bekas dan Krakteristik Penambahan Ekstak Asbuton Emulsi pada Aspal Penetrasi 60/70 sebagai Modifikasi Bitumen (Semarbut Aspal Tipe III). *Jurnal Teknisia*.Vol.6 No.2.Surakarta

Simanjuntak, Irwan, G., Pramusetyo, A., Supriyono, S., dan Riyanto, B. 2014. Analisis Pengaruh Muatan Lebih *(Overloading)* Terhadap Kinerja Jalan Dan Umur Rencana Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pringsurat, Ambarawa-Magelang). *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Vol.3 No.3:539-551. Semarang.

Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya Jilid 2. Penerbit Nova. Bandung.

Sukirman, S. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

Sulistia, A. 2017. Pengembangan Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* Menggunakan Bahan *Reclamed Asphalt Pavement (RAP)* dengan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Sumantri, B., Santiko, H., Djakfar, L., Bowoputro, H. 2014. Pengaruh Peremaja Oli Bekas Dan Solar Terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang Dengan Asbuton. *Jurnal Teknik Sipil*. Unversitas Brawijaya. Malang.

Tahir, A. 2011. Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Tugas Akhir*. Universitas Tadulako,Palu.

Wikanta, M. 2010. Karakteristik *Marshall* pada Aspal Beton Campuran Hangat dengan Modifikasi Agregat – *RAP* Aspal – Residu Oli. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

LAMPIRAN

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Senin, 17 Juni 2019

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat piknometer kosong (gr)	20,57	20,68
2	Berat piknometer + aquades (gr)	43,53	43,65
3	Berat aquadest (gr)	22,96	22,97
4	Berat piknometer + aspal (gr)	22,81	22,38
5	Berat aspal (gr)	2,24	1,7
6	Berat piknometer + aspal + aquadest (gr)	43,55	43,71
7	Berat aquadest (gr)	20,74	21,33
8	Volume aspal (gr)	2,22	1,64
9	Berat jenis aspal	1,009	1,037
10	Rata-rata BJ Aspal	1,023	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 2. Pemeriksaan Kelarutan

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM *CCL4/TCE*

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Rabu, 19 Juni 2019

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 PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen mayer kosong (gr)	68,87	73,49
2	Berat erlen mayer kosong + aspal (gr)	69,74	74,76
3	Berat aspal (gr)	0,87	1,27
4	Berat kertas saring bersih (gr)	0,61	0,62
5	Berat kertas saring bersih + mineral (gr)	0,62	0,63
6	Berat Mineral (gr)	0,01	0,01
7	Prosentase Mineral (%)	1,15	0,79
8	Aspal yang larut (%)	98,85	99,21
9	Rata-rata aspal yang larut (%)	99,03	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 3. Form Pemeriksaan Daktilitas

PEMERIKSAAN DAKTILITAS

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Senin, 17 Juni 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan ± 135°C
2	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang ± 26°C
3	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam *Waterbath* Pada Suhu 25°C	60 Menit	Suhu *Waterbath* ± 25°C
4	Pemeriksaan	Diuji Daktilitas Pada Suhu 25°C, Kecepatan 5 cm per menit	20 Menit	Suhu Alat ± 25°C

HASIL PEMERIKSAAN

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

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Idoh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 4. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Selasa, 18 Juni 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	12.00
	Selesai	145°C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	145°C	12.15
	Selesai	25°C	12.20
3	Diperiksa		
	Mulai	35°C	12.20
	Selesai	345°C	12.45

HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	332°C	345°C

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

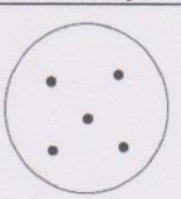
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Senin, 17 Juni 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	09.00
	Selesai	130°C	09.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130°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	62	62		
2	62	63		
3	64	62		
4	61	62		
5	62	63		
Rata2	62,2	62,4		
Rerata	62,3			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Selasa, 18 Juni 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	12.10
	Selesai	50°C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	50°C	12.15
	Selesai	25°C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	5°C	12.50
	Selesai	50°C	10.34

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	333,15	333,15		
2	10 °C	292,51	292,51		
3	15 °C	182,13	182,13		
4	20 °C	170,41	170,41		
5	25 °C	113,90	113,90		
6	30 °C	148,57	148,57		
7	35 °C	146,27	146,27		
8	40 °C	149,45	149,45		
9	45 °C	134,26	134,26		
10	50 °C	125,65	125,65	48	48

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Penelitj,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 7. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Agregat ukuran (1/4") dan (3/8")
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : Rabu, 19 Juni 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	12.10
	Selesai	150°C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150°C	12.15
	Selesai	25°C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25°C	12.50
	Selesai	25°C	10.34

HASIL PEMERIKSAAN

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,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregta Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : Kamis, 20 Juni 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadan Basah Jenuh (BJ)	1600,04	1619,27	1609,66
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	1001,14	1002,46	1001,80
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1574,46	1591,42	1582,94
5	Berat Jenis (*Bulk*) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,629	2,580	2,605
6	Berat Jenis (*SSD*) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,672	2,625	2,648
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,746	2,702	2,724
8	Penyerapan Air = $\frac{BK}{BK-BA}$ x 100%	1,625	1,750	1,687
9	Berat Cawan	128,09	257,18	
10	Berat Jenis Efektif = (BJ *Bulk* + BJ Semu) / 2	2,6875	2,6410	
11	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,6443		
12	Penyerapan Rata-rata	1,687		

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : Kamis, 20 Juni 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadan Basah Jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat *Piknometer* + Air (B)	690,4	658,71	674,555
3	Berat *Piknometer* + Air + Benda Uji (BT)	992,3	969,21	980,755
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	489,21	488,83	489,02
5	Berat Jenis (*Bulk*) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,47	2,58	2,52
6	Berat Jenis (*SSD*) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,52	2,64	2,58
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,61	2,74	2,68
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK}$ x 100%	2,21	2,29	2,25
9	Berat Jenis Efektif = (BJ *Bulk* + BJ Semu) / 2	2,54	2,66	
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,6003		

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 10. Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

PEMERIKSAAN BERAT *FILLER* CLERENG

Material : *Filler* Clereng

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : Kamis, 20 Juni 2019

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

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

Lampiran 11. Pemeriksaan *Sand Equivalent*

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : Jum'at, 21 Juni 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
			1	2
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan *CaCl2* selama (± 10 menit)	Mulai	12.22	12.22
		Selesai	12.32	12.32
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan *CaCl2*)	Mulai	12.32	12.32
		Selesai	12.35	12.35
3	*Clay Reading* (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,9	3,6
4	*Sand Reading* (Pembacaan Pasir)		3,6	3,3
5	*Sand Equivalent* = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}}$ x 100		92,3076	91,6667
6	Rata-rata *Sand Equivalent* (%)		91,9871	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 12. Pemeriksaan Keausan Agregat

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulon Progo
Tanggal Uji : Jum'at, 21 Juni 2019

No.	Jenis Gradasi		Seragam (*AC-WC*)	
	Saringan		Benda Uji	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "	2500	2500
2	9,5 mm 3/8 "	12,5 mm 1/4 "	2500	2500
3	Jumlah Benda Uji (A) (gr)		5000	5000
4	Jumlah Tertahan Di *Sieve* 12(B) (gr)		3953,43	3953,43
5	Keausan = (A-B)/A x 100% (%)		20,93	20,93
6	Rata-rata Keausan (%)		20,61	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 13. Pemeriksaan Penetrasi Aspal Pada Material *RAP*

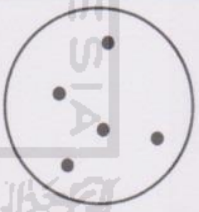
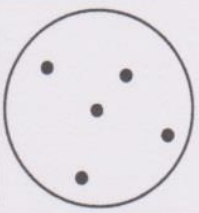
PEMERIKSAAN PENETRASI MATERIAL *RAP*

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Jalan Wates, Kulon Progo
Tanggal Uji : Kamis, 5 September 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	09.00
	Selesai	130°C	09.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130°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	49	51		
2	55	55		
3	52	51		
4	48	50		
5	50	53		
Rata2	50,8	52		
Rerata	51,4			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 14. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal Pada Material *RAP*

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK MATERIAL *RAP*

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Jalan Wates, Kulon Progo
Tanggal Uji : Kamis, 5 September 2019

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25°C	12.10
	Selesai	50°C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	50°C	12.15
	Selesai	25°C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	5°C	12.50
	Selesai	50°C	13.34

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	97	97		
3	15 °C	213	213		
4	20 °C	281	281		
5	25 °C	350	350		
6	30 °C	435	435		
7	35 °C	510	510		
8	40 °C	573	573		
9	45 °C	674	674		
10	50 °C	760	760	53	53

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 15. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 0%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 0%

Tanggal Pengujian : Kamis, 19 September 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VIM (%)	M VMA (%)	N VFWA (%)	O Mean	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5.5A	66.71	5.82	5.5	1181.70	1199.67	671.31	528.36	2.237	2.424	12.024	80.2508	7.725	19.75	60.89	7.72	48.00	1024.10	0.930	952.08	2.40	396.70
5.5B	67.84	5.82	5.5	1180.25	1195.97	670.68	525.29	2.247	2.424	12.080	80.6208	7.299	19.38	62.33	7.30	53	1130.78	0.901	1019.31	2.50	407.72
5.5C	69.33	5.82	5.5	1182.86	1200.70	669.52	531.18	2.227	2.424	11.972	79.9031	8.125	20.10	59.57	8.12	49	1045.44	0.871	910.32	2.80	325.11
								2.237					19.74	60.93	7.72				960.57	2.57	376.51
6A	70.23	6.38	6	1177.35	1188.17	662.27	525.9	2.239	2.406	13.130	79.9044	6.965	20.10	65.34	6.97	48	1024.10	0.853	873.90	2.50	349.56
6B	67.30	6.38	6	1183.31	1194.10	666.60	527.5	2.243	2.406	13.157	80.0653	6.778	19.93	66.00	6.78	52	1109.45	0.915	1015.05	2.40	422.94
6C	65.45	6.38	6	1196.97	1203.57	674.91	528.66	2.264	2.406	13.280	80.8118	5.909	19.19	69.21	5.91	50	1066.78	0.953	1017.04	2.80	363.23
								2.249					19.740	66.849	6.551				968.663	2.567	378.575
6.5A	66.63	6.95	6.5	1174.91	1185.20	662.98	522.22	2.250	2.389	14.295	79.8735	5.831	20.13	71.03	5.83	43	917.43	0.931	854.41	2.70	316.45
6.5B	67.76	6.95	6.5	1183.42	1189.76	661.28	528.48	2.239	2.389	14.228	79.4991	6.273	20.50	69.40	6.27	48	1024.10	0.904	925.28	2.90	319.06
6.5C	67.20	6.95	6.5	1179.17	1187.48	662.13	525.35	2.245	2.389	14.261	79.6852	6.053	20.31	70.20	6.05	46	981.43	0.921	903.62	2.80	322.72
								2.245					20.314	70.210	6.052				894.438	2.800	319.411
7A	65.62	7.53	7	1166.63	1173.52	653.06	520.46	2.242	2.372	15.338	79.1533	5.509	20.85	73.58	5.51	44	938.76	0.950	892.12	3.60	247.81
7B	66.32	7.53	7	1173.29	1177.21	652.71	524.5	2.237	2.372	15.307	78.992	5.701	21.01	72.86	5.70	41	874.76	0.937	819.81	3.80	215.74
7C	66.10	7.53	7	1176.76	1185.47	662.56	522.91	2.250	2.372	15.399	79.4665	5.135	20.53	74.99	5.13	42	896.09	0.941	843.39	3.30	255.57
								2.243					20.796	73.810	5.448				851.772	3.567	239.708
7.5A	65.17	8.11	7.5	1175.96	1179.32	659.75	519.57	2.263	2.356	16.593	79.4933	3.913	20.51	80.92	3.91	40	853.42	0.959	818.22	3.70	221.14
7.5B	65.29	8.11	7.5	1163.15	1168.19	652.81	515.38	2.257	2.356	16.546	79.2666	4.187	20.73	79.80	4.19	38	810.75	0.956	775.43	3.90	198.83
7.5C	62.87	8.11	7.5	1164.65	1168.27	652.18	516.09	2.257	2.356	16.545	79.2596	4.196	20.74	79.77	4.20	41	874.76	1.016	888.61	3.60	246.83
								2.259					20.660	80.163	4.099				827.418	3.733	222.268

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

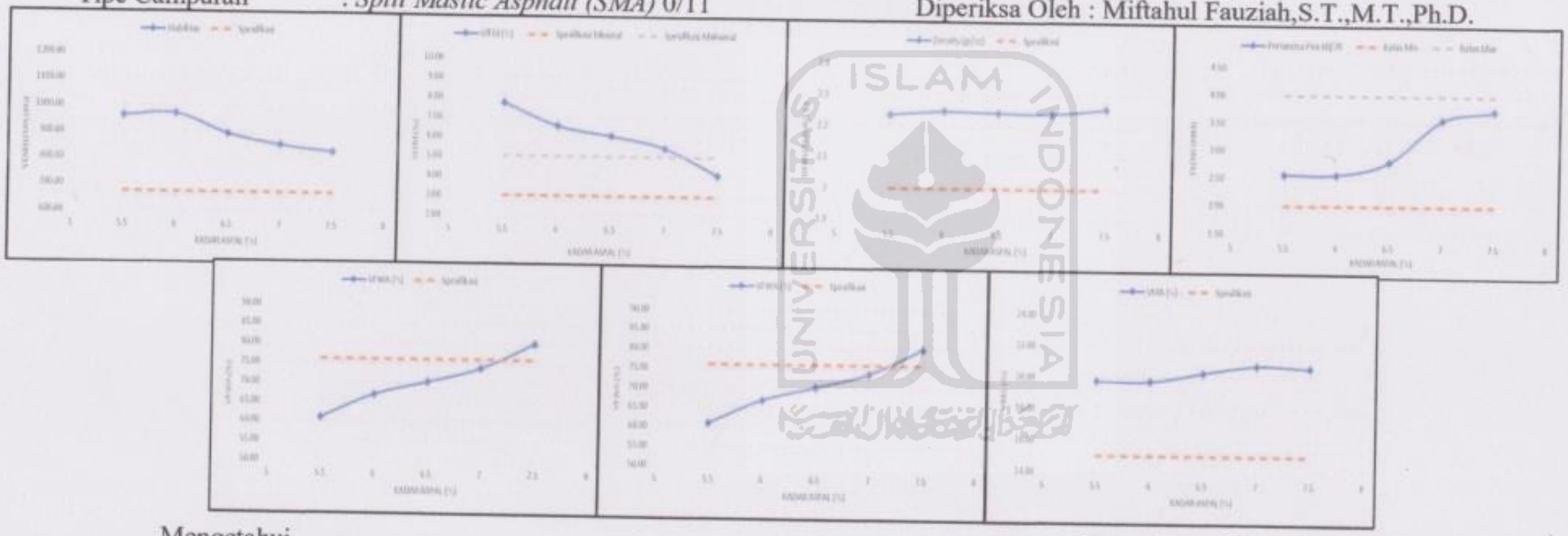
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 16. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 0%

GRAFIK PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 0%

Tanggal Pengujian : Kamis, 19 September 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 17. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 2%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 2%

Tanggal Pengujian : Jum'at, 27 September 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	AIR (%)	Mean		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5,5A	70.81	5.82	5.5	1178.62	1195.75	665.97	529.78	2.225	2.424	11.961	79.8271	8.212	20.17	59.29	8.21	51.00	1088.11	0.842	915.97	3.00	305.32
5,5B	68.07	5.82	5.5	1175.26	1188.25	661.09	527.16	2.229	2.424	11.986	79.9951	8.019	20.00	59.92	8.02	55	1173.45	0.896	1051.12	2.90	362.46
5,5C	67.48	5.82	5.5	1173.98	1190.67	662.32	528.35	2.222	2.424	11.946	79.728	8.326	20.27	58.93	8.33	52	1109.45	0.915	1015.56	2.70	376.13
								2.225					**20.15**	**59.38**	**8.19**				**994.22**	**2.87**	**347.97**
6A	67.61	6.38	6	1175.77	1190.81	666.75	524.06	2.244	2.406	13.159	80.0773	6.764	19.92	66.05	6.76	56	1194.79	0.907	1083.97	2.90	373.78
6B	66.24	6.38	6	1181.25	1193.20	667.30	525.9	2.246	2.406	13.174	80.1691	6.657	19.83	66.43	6.66	58	1257.46	0.939	1161.51	2.70	430.19
6C	66.12	6.38	6	1173.57	1186.54	663.77	522.77	2.245	2.406	13.167	80.1247	6.709	19.88	66.25	6.71	56	1194.79	0.941	1124.15	3.00	374.72
								2.245					**19.876**	**66.242**	**6.710**				**1123.209**	**2.867**	**392.896**
6,5A	67.81	6.95	6.5	1173.06	1181.64	658.76	522.885	2.243	2.389	14.254	79.646	6.100	20.35	70.03	6.10	47	1002.77	0.902	904.75	3.10	291.85
6,5B	68.16	6.95	6.5	1170.50	1177.94	655.06	522.88	2.239	2.389	14.224	79.4733	6.303	20.53	69.29	6.30	50	1066.78	0.893	953.07	3.30	288.81
6,5C	67.46	6.95	6.5	1175.61	1185.34	662.45	522.89	2.248	2.389	14.285	79.8187	5.896	20.18	70.79	5.90	51	1088.11	0.916	996.51	3.20	311.41
								2.243					**20.354**	**70.037**	**6.100**				**951.443**	**3.200**	**297.358**
7A	65.93	7.53	7	1173.66	1179.85	656.30	523.55	2.242	2.372	15.339	79.1603	5.500	20.84	73.61	5.50	43	917.43	0.944	866.45	3.30	262.56
7B	66.51	7.53	7	1168.33	1177.41	658.30	519.11	2.251	2.372	15.400	79.4748	5.125	20.53	75.03	5.12	40	853.42	0.934	796.77	3.40	234.35
7C	64.63	7.53	7	1185.96	1193.30	667.80	525.5	2.257	2.372	15.443	79.6933	4.864	20.31	76.05	4.86	35	746.74	0.972	725.65	3.70	196.12
								2.250					**20.557**	**74.894**	**5.163**				**796.291**	**3.467**	**231.009**
7,5A	65.91	8.11	7.5	1178.03	1183.50	659.14	524.36	2.247	2.356	16.471	78.9058	4.624	21.09	75.08	4.62	33	704.07	0.945	665.22	3.70	179.79
7,5B	64.35	8.11	7.5	1162.60	1167.16	650.27	516.89	2.249	2.356	16.490	78.9977	4.512	21.00	78.51	4.51	34	725.41	0.979	709.93	3.60	197.20
7,5C	66.06	8.11	7.5	1161.18	1167.59	650.27	517.32	2.245	2.356	16.456	78.8356	4.708	21.16	77.75	4.71	36	768.09	0.942	723.48	3.40	212.79
								2.247					**21.087**	**78.117**	**4.615**				**699.543**	**3.567**	**196.593**

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

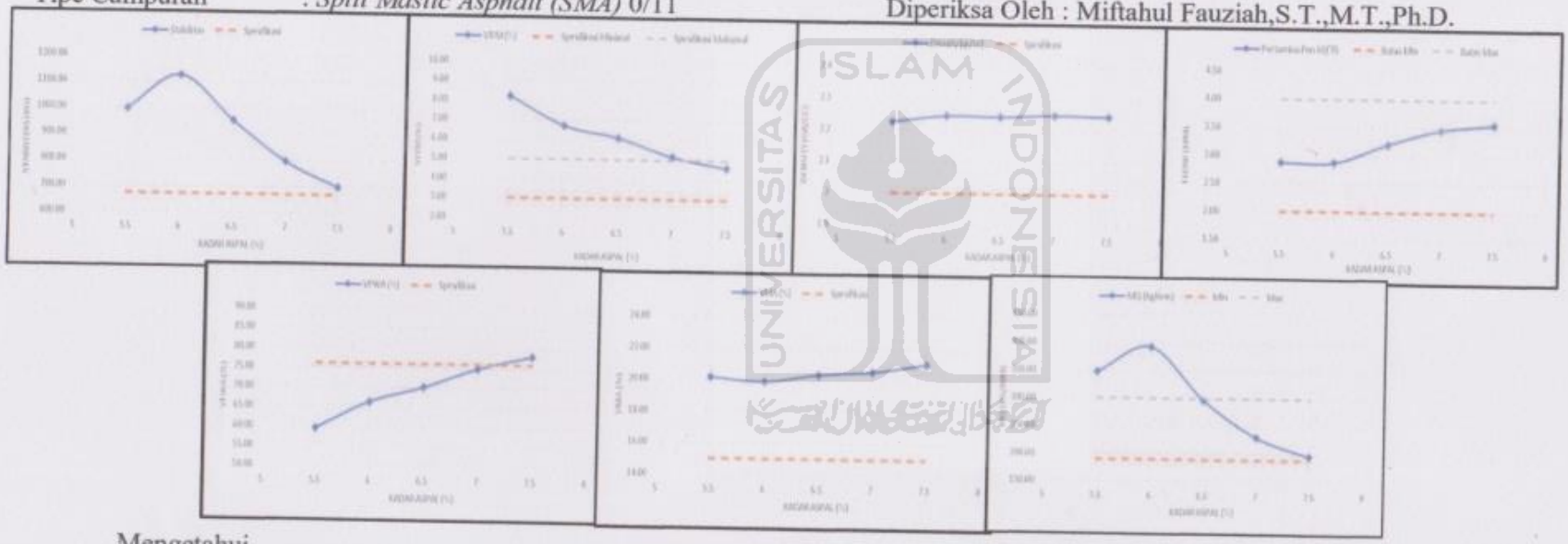
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.fsp@uii.ac.id
W. fsp.uii.ac.id

Lampiran 18. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 2%

GRAFIK PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 2%

Tanggal Pengujian : Jum'at, 27 September2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 19. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 3%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 3%

Tanggal Pengujian : Kamis, 3 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Mens	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5.5A	65.13	5.82	5.5	1170.33	1190.74	661.58	529.16	2.212	2.424	11.891	79.3585	8.751	20.64	57.61	8.75	40.00	853.42	0.959	818.75	3.10	264.11
5.5B	68.53	5.82	5.5	1174.81	1196.63	664.45	532.18	2.208	2.424	11.869	79.2162	8.921	20.79	57.09	8.92	38	810.75	0.886	718.02	3.20	224.38
5.5C	66.73	5.82	5.5	1175.70	1195.70	662.52	533.18	2.205	2.424	11.855	79.1215	9.023	20.88	56.78	9.02	46	981.43	0.919	902.31	3.10	291.07
								2.208					20.77	57.16	8.90				813.02	3.13	259.85
6A	67.10	6.38	6	1178.87	1192.46	662.43	530.03	2.224	2.406	13.045	79.3841	7.571	20.62	63.28	7.57	48	1024.10	0.923	944.74	2.90	325.77
6B	67.43	6.38	6	1171.39	1184.34	656.46	527.88	2.219	2.406	13.015	79.2017	7.783	20.80	62.58	7.78	45	960.10	0.916	879.69	3.30	266.57
6C	69.10	6.38	6	1179.89	1193.66	662.52	531.14	2.221	2.406	13.029	79.2868	7.684	20.71	62.90	7.68	44	938.76	0.875	821.42	3.60	228.17
								2.222					20.709	62.918	7.680				881.947	3.267	273.505
6.5A	67.23	6.95	6.5	1177.62	1189.51	661.85	527.66	2.232	2.389	14.180	79.2524	6.587	20.77	68.28	6.59	47	1002.77	0.917	919.20	3.40	270.35
6.5B	65.51	6.95	6.5	1174.58	1186.68	658.13	528.55	2.222	2.389	14.120	78.8948	6.985	21.11	66.90	6.99	44	938.76	0.952	893.94	3.20	279.36
6.5C	68.49	6.95	6.5	1180.76	1190.27	659.03	531.24	2.223	2.389	14.122	78.9083	6.969	21.09	66.96	6.97	50	1066.78	0.886	945.63	3.50	270.18
								2.226					20.908	67.381	6.847				919.590	3.367	273.296
7A	65.50	7.53	7	1165.72	1175.25	656.84	518.41	2.249	2.372	15.387	79.2043	5.209	20.60	74.71	5.21	50	1066.78	0.953	1016.10	3.60	282.25
7B	65.40	7.53	7	1170.69	1182.24	660.81	521.43	2.245	2.372	15.363	79.281	5.356	20.72	74.15	5.36	48	1024.10	0.954	977.38	3.40	287.46
7C	67.67	7.53	7	1176.10	1180.65	657.77	522.88	2.249	2.372	15.391	79.4265	5.183	20.57	74.81	5.18	45	960.10	0.912	875.37	3.60	243.16
								2.248					20.629	74.555	5.249				956.284	3.533	270.958
7.5A	63.40	8.11	7.5	1162.57	1170.32	652.58	517.74	2.245	2.356	16.462	78.8659	4.672	21.15	77.90	4.67	47	1002.77	1.002	1005.19	3.40	295.64
7.5B	66.52	8.11	7.5	1167.22	1172.92	652.39	520.53	2.242	2.356	16.440	78.757	4.803	21.24	77.39	4.80	45	960.10	0.933	896.07	3.80	235.81
7.5C	66.18	8.11	7.5	1153.29	1161.41	647.49	513.92	2.244	2.356	16.452	78.8179	4.730	21.18	77.67	4.73	37	789.41	0.940	741.80	3.90	190.21
								2.244					21.186	77.652	4.735				881.022	3.700	240.553

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

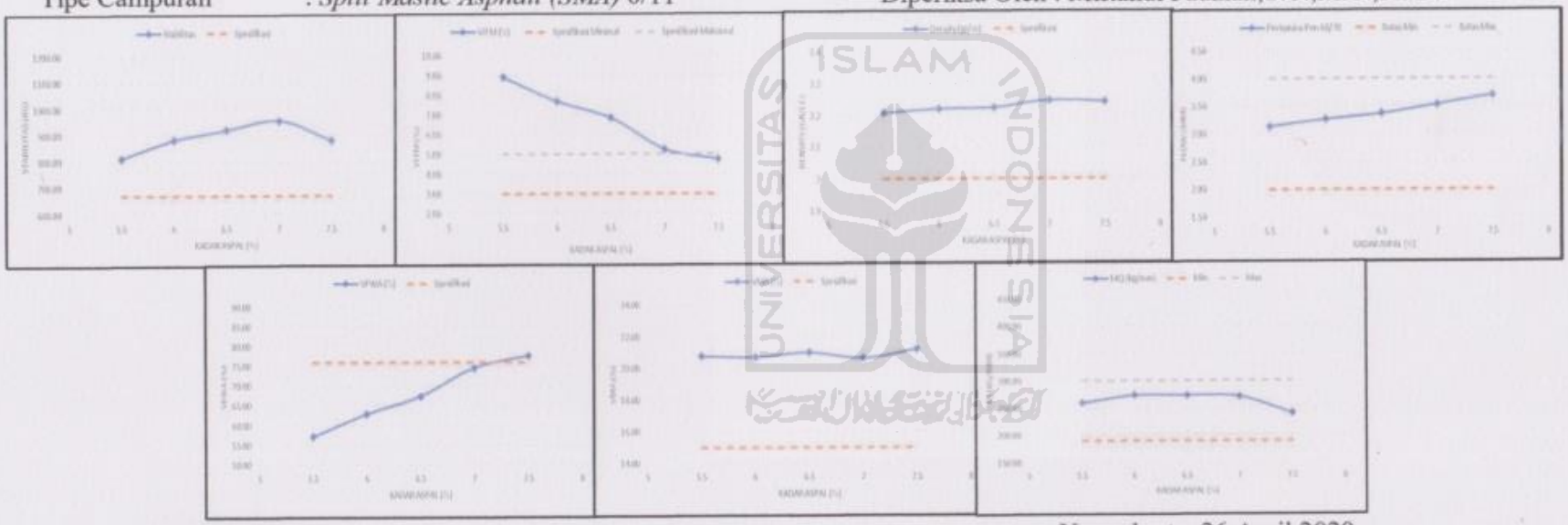
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. deksipil.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 20. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 3%

GRAFIK PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 3%

Tanggal Pengujian : Kamis, 3 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 21. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 4%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 4%

Tanggal Pengujian : Kamis, 10 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VMA (%)	VITM (%)	Mm		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5,5A	66.79	5.82	5.5	1171.95	1195.08	659.81	535.27	2.189	2.424	11.771	78.5612	9.668	21.44	54.91	9.67	45.00	960.10	0.928	890.81	3.30	269.94
5,5B	66.22	5.82	5.5	1175.05	1192.68	657.66	535.02	2.196	2.424	11.808	78.8058	9.386	21.19	55.71	9.39	48	1024.10	0.939	961.63	3.30	291.40
5,5C	66.50	5.82	5.5	1173.50	1193.88	658.74	535.145	2.193	2.424	11.790	78.6835	9.527	21.32	55.31	9.53	49	1045.44	0.934	976.11	3.50	278.89
								2.193					21.32	55.31	9.53				942.85	3.37	280.08
6A	69.72	6.38	6	1181.58	1199.27	663.38	535.89	2.205	2.406	12.932	78.6965	8.372	21.30	60.70	8.37	48	1024.10	0.863	884.25	3.50	252.64
6B	70.64	6.38	6	1182.65	1198.98	660.59	538.39	2.197	2.406	12.884	78.402	8.714	21.60	59.65	8.71	54	1152.12	0.845	973.77	3.30	295.08
6C	70.55	6.38	6	1175.49	1194.55	658.30	536.25	2.192	2.406	12.857	78.2384	8.905	21.76	59.08	8.91	58	1237.46	0.847	1048.13	3.20	327.54
								2.198					21.554	59.811	8.664				968.716	3.333	291.755
6,5A	67.57	6.95	6.5	1176.05	1186.68	662.09	524.59	2.242	2.389	14.244	79.5898	6.166	20.41	69.79	6.17	46	981.43	0.908	891.39	3.20	278.56
6,5B	66.33	6.95	6.5	1172.38	1184.06	661.34	522.72	2.243	2.389	14.251	79.6253	6.124	20.37	69.94	6.12	53	1130.78	0.939	1061.99	3.40	312.35
6,5C	68.25	6.95	6.5	1172.98	1184.72	657.29	527.43	2.224	2.389	14.131	78.9546	6.915	21.05	67.14	6.91	51	1088.11	0.891	969.78	3.50	277.08
								2.236					20.610	68.959	6.401				974.386	3.367	289.330
7A	67.72	7.53	7	1167.38	1176.58	657.55	519.03	2.249	2.372	15.390	79.4224	5.187	20.58	74.79	5.19	45	960.10	0.904	868.33	3.70	234.68
7B	67.04	7.53	7	1155.88	1171.68	658.38	513.3	2.252	2.372	15.409	79.5179	5.074	20.48	75.23	5.07	42	896.09	0.924	827.71	3.50	236.49
7C	68.46	7.53	7	1161.69	1169.81	651.65	518.16	2.242	2.372	15.341	79.168	5.491	20.83	73.64	5.49	42	896.09	0.886	793.94	3.30	240.59
								2.248					20.631	74.554	5.251				829.991	3.500	237.253
7,5A	63.84	8.11	7.5	1167.83	1172.05	651.64	520.41	2.244	2.356	16.452	78.8163	4.732	21.18	77.66	4.73	37	789.41	0.992	782.77	4.10	190.92
7,5B	67.24	8.11	7.5	1177.41	1182.41	656.86	525.55	2.240	2.356	16.425	78.6857	4.899	21.31	77.06	4.89	42	896.09	0.920	824.29	3.70	222.78
7,5C	67.55	8.11	7.5	1171.87	1175.20	653.40	521.8	2.246	2.356	16.465	78.8783	4.657	21.12	77.95	4.66	35	746.74	0.904	675.15	3.90	173.12
								2.243					21.207	77.559	4.759				760.737	3.900	195.605

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

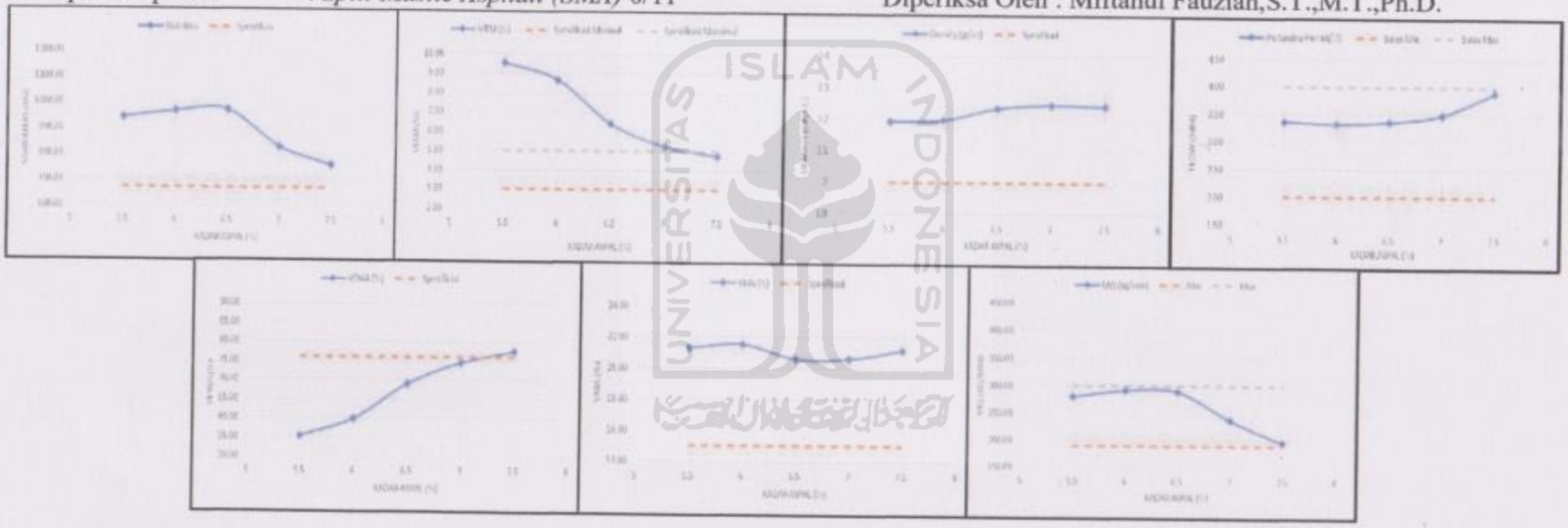
Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 22. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 4%

GRAFIK PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 4%

Tanggal Pengujian : Kamis, 10 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 23. Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 5%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 5%

Tanggal Pengujian : Jum'at, 18 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VIM (%)	O Mean	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5,5A	72.25	5.82	5.5	1178.23	1199.98	662.71	537.27	2.193	2.424	11.790	78.6882	9.522	21.31	55.32	9.52	39	832.08	0.819	681.75	3.40	200.52
5,5B	70.38	5.82	5.5	1178.13	1199.08	661.09	537.995	2.190	2.424	11.773	78.5755	9.651	21.42	54.95	9.65	41	874.76	0.851	743.98	3.40	218.82
5,5C	68.50	5.82	5.5	1178.03	1198.18	659.46	538.72	2.187	2.424	11.757	78.4631	9.780	21.54	54.59	9.78	44	938.76	0.886	832.04	3.30	252.13
								2.190					**21.42**	**54.95**	**9.65**				**752.59**	**3.37**	**223.82**
6A	66.26	6.38	6	1179.22	1199.78	669.21	530.57	2.223	2.406	13.036	79.3269	7.638	20.67	63.06	7.64	46	981.43	0.938	920.77	3.30	279.02
6B	65.68	6.38	6	1176.72	1198.32	666.51	531.81	2.213	2.406	12.978	78.9741	8.048	21.03	61.72	8.05	49	1045.44	0.949	992.19	3.20	310.06
6C	70.72	6.38	6	1174.16	1195.00	659.54	535.46	2.193	2.406	12.861	78.2651	8.874	21.73	59.17	8.87	44	938.76	0.844	792.00	3.40	232.94
								2.209					**21.145**	**61.316**	**8.187**				**901.653**	**3.300**	**274.007**
6,5A	68.20	6.95	6.5	1175.44	1193.41	666.28	527.135	2.230	2.389	14.168	79.1645	6.667	20.84	68.00	6.67	44	938.76	0.893	837.85	3.40	246.43
6,5B	70.00	6.95	6.5	1174.56	1190.10	660.57	529.53	2.218	2.389	14.094	78.7475	7.159	21.25	66.31	7.16	46	981.43	0.858	842.00	3.40	247.65
6,5C	65.48	6.95	6.5	1181.24	1191.74	663.23	528.51	2.235	2.389	14.201	79.3482	6.451	20.65	68.76	6.45	45	960.10	0.953	914.85	3.50	261.39
								2.228					**20.913**	**67.693**	**6.759**				**864.901**	**3.433**	**251.820**
7A	66.38	7.53	7	1181.24	1186.63	659.92	526.71	2.243	2.372	15.346	79.1035	5.461	20.81	73.75	5.46	45	960.10	0.936	898.71	3.60	249.64
7B	67.35	7.53	7	1179.74	1186.03	660.20	525.825	2.244	2.372	15.352	79.2258	5.422	20.77	73.90	5.42	41	874.76	0.918	802.86	3.40	236.14
7C	68.32	7.53	7	1178.23	1185.42	660.48	524.94	2.245	2.372	15.358	79.2581	5.384	20.74	74.04	5.38	41	874.76	0.890	778.15	3.70	210.31
								2.244					20.774	73.900	5.422				**826.574**	**3.567**	**232.030**
7,5A	63.40	8.11	7.5	1162.57	1170.32	652.58	517.74	2.245	2.356	16.462	78.8659	4.672	21.13	77.90	4.67	41	874.76	1.022	894.27	3.60	248.41
7,5B	66.52	8.11	7.5	1167.22	1172.92	652.39	520.53	2.242	2.356	16.440	78.757	4.803	21.24	77.39	4.80	32	682.74	0.933	637.21	4.00	159.30
7,5C	66.18	8.11	7.5	1153.29	1163.41	652.49	510.92	2.257	2.356	16.549	79.2807	4.170	20.72	79.87	4.17	38	810.75	0.940	761.85	3.80	200.49
								2.248					**21.032**	**78.385**	**4.548**				**764.444**	**3.800**	**202.733**

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

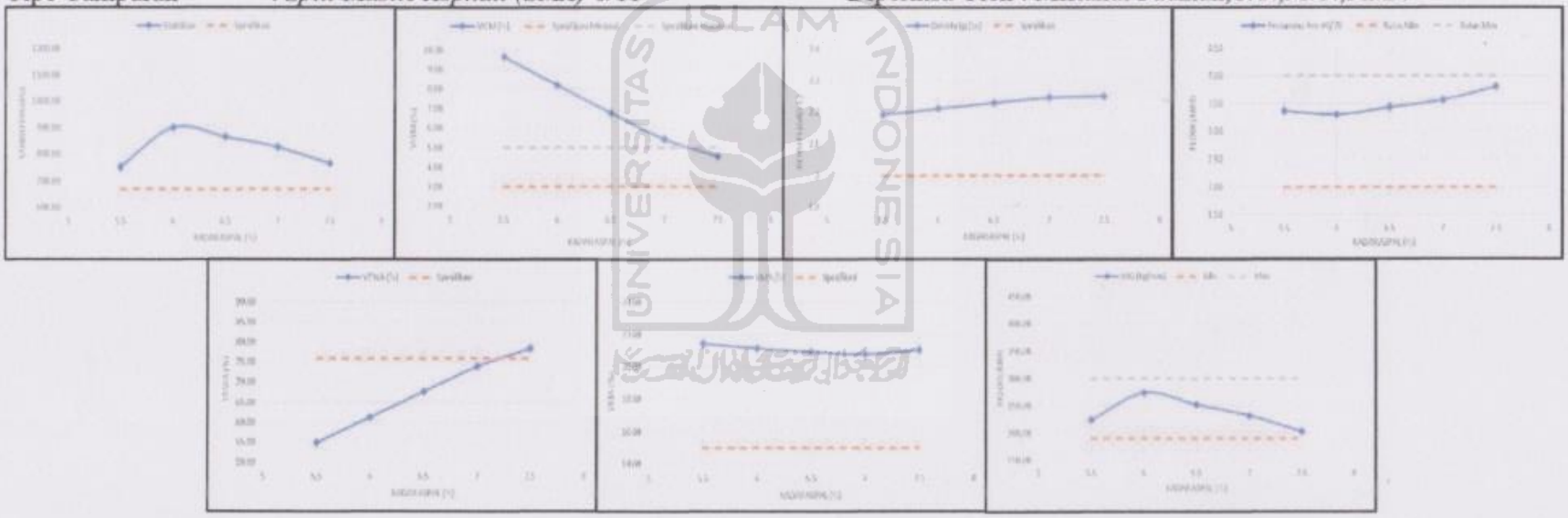
Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3201, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 24. Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO Pada Kadar Peremaja 5%

GRAFIK PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENENTUKAN KADAR ASPAL OPTIMUM PADA KADAR PEREMAJA 5%

Tanggal Pengujian : Jum'at, 18 Oktober 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3210, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 25. Hasil Pengujian *Marshall* 0,5 Jam dengan KAO

PENGUJIAN *MARSHALL* 0,5 JAM DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 6 November 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFW (%)	N VITM (%)	O Mean	P	Q Korelasi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (kg/mm)
5.5A	67,53	7,92	7,34	1174,80	1179,18	656,57	522,61	2,248	2,361	16,129	79,0895	4,782	20,91	77,13	4,78	52	1109,45	0,909	1008,76	3,60	280,21
5.5B	68,19	7,92	7,34	1170,67	1175,71	651,68	524,03	2,234	2,361	16,029	78,5979	5,373	21,40	74,89	5,37	55	1173,45	0,893	1047,70	3,40	308,15
5.5C	66,91	7,92	7,34	1170,04	1175,07	654,78	520,29	2,249	2,361	16,135	79,1203	4,744	20,88	77,28	4,74	54	1152,12	0,925	1065,32	3,50	304,38
								2,244					21,06	76,43	4,97				1040,60	3,50	297,58
6A	65,99	7,92	7,34	1173,40	1178,66	655,95	522,71	2,245	2,361	16,107	78,9801	4,913	21,02	76,63	4,91	47	1002,77	0,943	945,92	3,80	248,93
6B	65,83	7,92	7,34	1170,72	1175,57	652,54	523,03	2,238	2,361	16,060	78,7515	5,188	21,25	75,58	5,19	47	1002,77	0,946	949,00	3,60	263,61
6C	68,77	7,92	7,34	1175,95	1179,17	656,96	522,21	2,252	2,361	16,157	79,2276	4,615	20,77	77,78	4,62	48	1024,10	0,881	902,49	3,50	257,85
								2,245					21,014	76,663	4,906				932,470	3,633	256,797
6.5A	65,78	7,96	7,37	1176,37	1180,38	656,67	523,71	2,246	2,360	16,182	79,0033	4,814	21,00	77,07	4,81	48	1024,10	0,947	970,08	3,60	269,47
6.5B	67,72	7,96	7,37	1179,22	1182,90	658,02	524,88	2,247	2,360	16,186	79,0181	4,796	20,98	77,14	4,80	45	960,10	0,905	868,41	3,80	228,53
6.5C	67,33	7,96	7,37	1173,47	1178,78	656,47	522,31	2,247	2,360	16,186	79,0197	4,794	20,98	77,15	4,79	49	1045,44	0,914	955,71	3,60	265,47
								2,247					20,986	77,120	4,802				931,399	3,667	254,490
7A	68,56	7,97	7,38	1173,56	1177,43	656,30	521,13	2,252	2,359	16,246	79,1962	4,558	20,80	78,09	4,56	50	1066,78	0,885	944,23	3,70	255,20
7B	68,36	7,97	7,38	1177,95	1180,32	656,56	523,76	2,249	2,359	16,225	79,0933	4,682	20,91	77,60	4,68	45	960,10	0,889	853,41	3,90	218,82
7C	68,48	7,97	7,38	1171,26	1172,89	651,87	521,02	2,248	2,359	16,217	79,0577	4,725	20,94	77,44	4,72	51	1088,11	0,887	964,81	3,60	268,00
								2,250					20,884	77,711	4,655				920,817	3,733	247,341
7.5A	68,83	7,96	7,37	1168,67	1174,06	654,19	519,87	2,248	2,360	16,195	79,0659	4,739	20,93	77,36	4,74	45	960,10	0,880	844,89	3,90	216,64
7.5B	67,83	7,96	7,37	1177,35	1180,21	659,25	520,96	2,260	2,360	16,281	79,4865	4,232	20,51	79,37	4,23	47,00	1002,77	0,902	904,16	3,70	244,37
7.5C	65,36	7,96	7,37	1170,28	1174,74	653,76	520,98	2,246	2,360	16,183	79,0061	4,811	20,99	77,08	4,81	46,00	981,43	0,955	937,45	3,80	246,70
								2,251					20,814	77,939	4,594				895,501	3,800	235,901

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Ind
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 555..
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 26. Hasil Pengujian *IRS* 24 Jam dengan KAO

PENGUJIAN *IRS* 24 JAM DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Jum'at, 22 November 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	ATIM (%)	Mean		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	65,06	7,92	7,34	1176,30	1181,78	661,49	520,29	2,261	2,361	16,222	79,5436	4,235	20,46	79,30	4,23	76	1125,11	0,961	1081,23	3,20	337,89
5.5B	68,59	7,92	7,34	1179,64	1188,23	659,58	528,65	2,231	2,361	16,010	78,508	5,482	21,49	74,49	5,48	70	1036,29	0,885	916,73	3,70	247,76
5.5C	66,82	7,92	7,34	1177,97	1185,01	659,54	525,47	2,242	2,361	16,084	78,8713	5,044	21,13	76,13	5,04	72	1065,90	0,927	988,00	3,50	282,29
								2,245					21,03	76,64	4,92				995,32	3,47	289,31
6A	67,06	7,92	7,34	1182,05	1186,28	664,88	521,4	2,267	2,361	16,266	79,7622	3,972	20,24	80,38	3,97	66	977,07	0,921	899,80	3,90	230,72
6B	68,39	7,92	7,34	1187,60	1195,04	663,65	531,39	2,235	2,361	16,035	78,6302	5,334	21,37	75,04	5,33	65	962,27	0,888	854,85	3,60	237,46
6C	67,73	7,92	7,34	1184,83	1190,66	664,27	526,395	2,251	2,361	16,150	79,1909	4,660	20,81	77,61	4,66	67	991,88	0,904	897,03	3,20	280,32
								2,251					20,806	77,674	4,655				883,895	3,567	249,500
6.5A	65,17	7,96	7,37	1179,42	1184,21	660,02	524,19	2,250	2,360	16,210	79,1356	4,655	20,86	77,69	4,65	66	977,07	0,959	936,71	3,70	253,16
6.5B	67,58	7,96	7,37	1181,28	1187,73	663,71	524,02	2,254	2,360	16,240	79,2861	4,474	20,71	78,40	4,47	61	903,05	0,908	819,90	3,80	215,76
6.5C	66,38	7,96	7,37	1180,35	1185,97	662,37	523,605	2,254	2,360	16,240	79,2864	4,473	20,71	78,41	4,47	64	947,46	0,936	886,89	3,30	268,75
								2,253					20,764	78,166	4,534				881,163	3,600	245,893
7A	65,58	7,97	7,38	1181,07	1186,96	663,42	523,54	2,256	2,359	16,274	79,3361	4,389	20,66	78,76	4,39	60	888,25	0,951	844,72	3,90	216,60
7B	67,04	7,97	7,38	1177,49	1184,29	660,61	523,68	2,248	2,359	16,221	79,0745	4,705	20,93	77,52	4,70	63	932,66	0,921	859,37	3,80	226,15
7C	66,31	7,97	7,38	1179,28	1185,63	664,02	521,61	2,261	2,359	16,310	79,509	4,181	20,49	79,60	4,18	65	962,27	0,937	901,92	3,50	257,69
								2,255					20,693	78,623	4,425				868,669	3,733	233,478
7.5A	63,80	7,96	7,37	1172,62	1176,43	659,60	516,83	2,269	2,360	16,346	79,7997	3,855	20,20	80,92	3,85	60	888,25	0,993	881,59	3,80	232,00
7.5B	67,81	7,96	7,37	1183,55	1188,93	663,68	525,25	2,253	2,360	16,234	79,2524	4,514	20,75	78,24	4,51	62	917,86	0,902	828,21	3,60	230,06
7.5C	65,80	7,96	7,37	1178,09	1182,68	661,64	521,04	2,261	2,360	16,289	79,5239	4,187	20,48	79,55	4,19	58	858,64	0,947	812,97	3,90	208,45
								2,261					20,475	79,571	4,185				840,922	3,767	223,503

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Ind
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 5551
T. (0274) 896444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 27. Hasil Pengujian *IRS* 48 Jam dengan KAO

PENGUJIAN *IRS* 48 JAM DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Senin, 30 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VFIM (%)	Mom		Korelasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	66,58	7,92	7,34	1173,68	1178,58	654,69	523,89	2,240	2,361	16,074	78,821	5,105	21,18	75,90	5,10	70	1036,29	0,930	964,20	3,50	275,49
5.5B	68,48	7,92	7,34	1174,55	1179,90	657,80	522,10	2,250	2,361	16,141	79,1499	4,709	20,85	77,42	4,71	66	977,07	0,887	866,24	3,70	234,12
5.5C	67,53	7,92	7,34	1174,12	1179,24	655,87	523,37	2,243	2,361	16,096	78,9286	4,975	21,07	76,39	4,98	69	1021,48	0,907	926,90	3,30	280,88
								2,244					21,03	26,57	4,93				919,11	3,50	263,49
6A	66,16	7,92	7,34	1171,82	1175,56	654,64	520,92	2,250	2,361	16,140	79,1448	4,715	20,86	77,39	4,71	59	873,44	0,940	821,20	3,50	234,63
6B	67,44	7,92	7,34	1168,05	1176,78	655,29	521,49	2,240	2,361	16,071	78,804	5,125	21,20	75,82	5,13	58	858,64	0,912	782,65	3,80	205,96
6C	66,80	7,92	7,34	1169,94	1176,17	655,97	520,205	2,249	2,361	16,136	79,1261	4,737	20,87	77,30	4,74	62	917,86	0,928	851,35	3,30	257,98
								2,246					20,975	76,839	4,859				818,400	3,533	232,858
6.5A	65,25	7,96	7,37	1174,80	1178,11	654,84	523,27	2,245	2,360	16,174	78,9642	4,861	21,04	76,89	4,86	60	888,25	0,957	850,16	3,50	242,90
6.5B	69,24	7,96	7,37	1171,34	1177,01	655,52	521,49	2,246	2,360	16,182	79,0003	4,818	21,00	77,06	4,82	58	858,64	0,872	749,00	3,90	192,05
6.5C	67,25	7,96	7,37	1173,07	1177,56	657,18	520,38	2,254	2,360	16,240	79,2858	4,474	20,71	78,40	4,47	62	917,86	0,916	841,02	3,70	227,30
								2,249					20,917	77,450	4,718				813,396	3,700	220,753
7A	69,25	7,97	7,38	1179,55	1185,68	661,89	523,79	2,252	2,359	16,246	79,1962	4,558	20,80	78,09	4,56	39	873,44	0,872	761,75	3,80	200,46
7B	66,12	7,97	7,38	1181,52	1184,11	660,86	523,25	2,258	2,359	16,290	79,4103	4,300	20,59	79,12	4,30	57	843,83	0,941	794,00	3,90	203,59
7C	67,69	7,97	7,38	1180,54	1184,90	663,38	521,52	2,264	2,359	16,330	79,6073	4,063	20,39	80,08	4,06	63	932,66	0,905	844,41	3,60	234,56
								2,258					20,595	79,095	4,307				800,051	3,767	212,869
7.5A	65,19	7,96	7,37	1170,09	1175,72	657,02	518,7	2,256	2,360	16,252	79,3405	4,408	20,66	78,66	4,41	54	799,42	0,958	766,05	3,80	201,59
7.5B	64,61	7,96	7,37	1172,05	1178,44	658,78	519,66	2,255	2,360	16,249	79,3266	4,425	20,67	78,60	4,42	51	755,01	0,972	734,12	3,90	188,24
7.5C	64,90	7,96	7,37	1171,07	1176,22	659,40	516,82	2,266	2,360	16,324	79,6958	3,980	20,30	80,40	3,98	57	843,83	0,965	814,30	3,70	220,08
								2,259					20,546	79,220	4,271				771,490	3,800	203,303

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

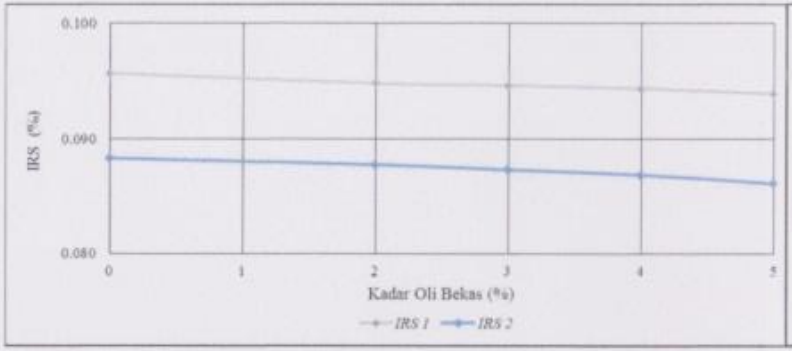
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Ind
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 5551
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

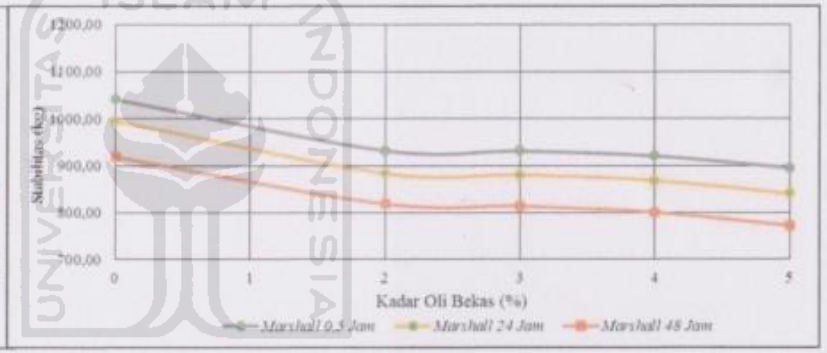
Lampiran 28. Hasil Grafik Pengujian *IRS* 24 Jam dan 48 Jam dengan KAO

HASIL GRAFIK PENGUJIAN *IRS* 24 JAM DAN 48 JAM DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D





Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 29. Pengujian *Indirect Tensile Strength Uncondition* dengan KAO

PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH UNCONDITION* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Jum'at, 13 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Kadar Peremaja	KAO (%)	Sampel	Diameter (cm)	Tebal (mm)			Tebal Rata-rata			Stabilitas			A0	ITS (kg/cm^
				t1	t2	t3	mm	cm	Angka koreksi	Arloji Stab.	Stab. * Kalibrasi	Stabilitas (kg)		
0	7,34	A	10	69,1	68,71	68,74	68,85	6,885	0,876	41	815,293	714,401	0,159	16,498
		C	10	66,86	66,99	67,26	67,04	6,704	0,985	38	755,638	744,508	0,159	17,659
												729,454		17,078
2	7,34	A	10	66,58	66,75	66,11	66,48	6,648	0,928	40	795,408	738,457	0,159	17,662
		B	10	67,73	68,62	68,27	68,21	6,821	0,892	43	855,064	763,002	0,159	17,787
												750,729		17,724
3	7,37													
		B	10	66,06	66,52	66,72	66,43	6,643	0,935	49	974,375	911,040	0,159	21,805
		C	10	66,13	65,91	65,86	65,97	6,597	0,944	46	914,719	863,266	0,159	20,807
												887,153		21,306
4	7,38	A	10	67,20	67,60	67,19	67,33	6,73	0,92	45	894,83	821,63	0,16	19,40
		B	10	68,51	67,61	68,14	68,09	6,81	0,89	43	855,06	764,43	0,16	17,85
		C	10	67,86	67,61	67,67	67,71	6,77	0,91	44	874,95	792,79	0,16	18,62
												792,946		18,624
5	7,37	A	10	64,37	64,65	65,46	64,83	6,48	0,97	42	835,18	806,05	0,16	19,77
		B	10	66,50	67,12	67,36	66,99	6,70	0,91	40	795,41	727,40	0,16	17,26
		C	10	65,44	65,89	66,41	65,91	6,59	0,94	41	815,29	766,22	0,16	18,48
												766,558		18,506

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. deltanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 30. Pengujian *Indirect Tensile Strength Condition* dengan KAO

PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH CONDITION* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Senin, 3 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11
Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Kadar Peremaja	KAO (%)	Sampel	Diameter (cm)	Tebal (mm)			Tebal Rata-rata			Stabilitas			A0	ITS (kg/cm^
				t1	t2	t3	mm	cm	Angka koreks	Arloji Stab.	Stab. * Kalibras	Stabilitas (kg)		
0	7,34	A	10	65,73	65,98	65,73	65,81	6,581	0,952	31	616,441	586,955	0,159	14,180
		B	10	67,51	67,65	67,89	67,68	6,768	0,902	34	676,097	609,544	0,159	14,319
		C	10	66,63	66,8	66,79	66,74	6,674	0,998	32	636,326	635,213	0,159	15,133
												610,570		14,544
2	7,34	A	10	66,99	67,33	67,04	67,12	6,712	0,916	33	656,212	600,827	0,159	14,233
		B	10	65,65	66,01	65,91	65,86	6,586	0,951	35	695,982	661,937	0,159	15,981
		C	10	66,3	66,65	66,56	66,50	6,650	0,934	38	755,638	705,529	0,159	16,868
												656,098		15,694
3	7,37	A	10	64,56	64,66	64,8	64,67	6,467	0,968	40	795,408	769,955	0,159	18,929
		B	10	65,07	64,60	65,05	64,91	6,491	0,964	37	735,752	708,989	0,159	17,368
		C	10	64,77	64,63	64,38	64,59	6,459	0,970	41	815,293	790,427	0,159	19,457
												756,457		18,585
4	7,38	A	10	66,37	66,15	66,31	66,28	6,63	0,94	38	755,64	708,74	0,159	17,00
		B	10	64,88	64,65	64,71	64,75	6,47	0,96	34	676,10	646,77	0,159	15,88
		C	10	65,66	65,49	65,51	65,55	6,56	0,96	32	636,33	610,02	0,159	14,80
												655,179		15,894
5	7,37	A	10	67,37	67,18	67,32	67,29	6,73	0,92	38	755,64	694,38	0,159	16,41
		B	10	64,09	64,33	64,12	64,18	6,42	0,97	34	676,10	653,95	0,159	16,20
		C	10	65,87	65,54	65,33	65,58	6,56	0,96	32	636,33	609,60	0,159	14,78
												652,646		15,796

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

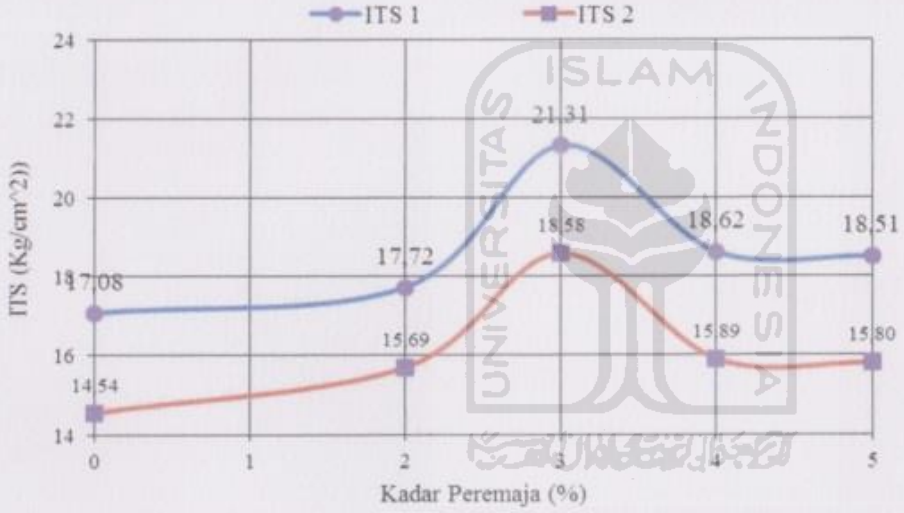
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.3203, 3201
F. (0274) 895330
E. ...
W. ...

Lampiran 31. Grafik Pengujian *Indirect Tensile Strength Uncondition* dan *Condition* dengan KAO

GRAFIK PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH UNCODITION* DAN *CONDITION* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896444 ext 3205, 3201
F. (0274) 895330
E. defkonst.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 32. Rekapitulasi Perhitungan *Tensile Strength Ratio*

REKAPITULASI PERHITUNGAN *TENSILE STRENGTH RATIO*

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Kadar Peremaja Oli Bekas (%)	*ITS Uncondition* (Kg/cm^2)	*ITS Condition* (Kg/cm^2)	*TSR (Tensile Strength Ratio)* (%)
0	17,08	14,54	85,16
2	17,72	15,69	88,55
3	21,31	18,58	87,23
4	18,62	15,89	85,34
5	18,51	15,80	85,36

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

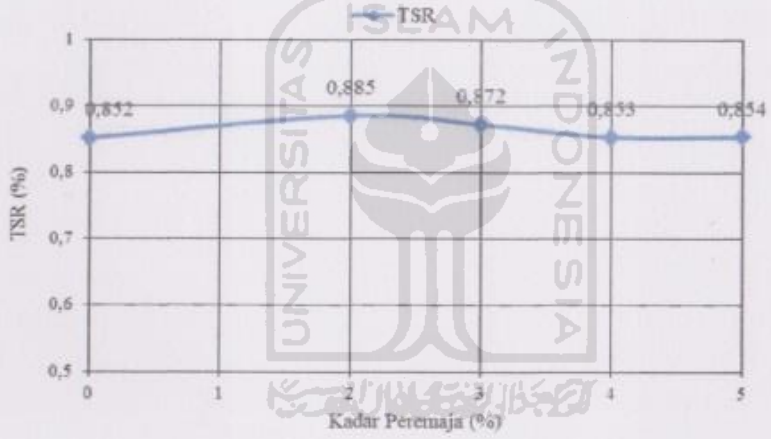
Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3208, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 33. Grafik Tensile Strength Ratio

GRAFIK *TENSILE STRENGTH RATIO*

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Wahid Hasyim
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 34. Pengujian *Cantabro* dengan KAO

PENGUJIAN *CANTABRO* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Senin, 16 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Sampel	Berat Benda Uji (gram)		Berat Sebelum Di Abrasi (gram)	Kehilangan Berat (%)	Rata-rata Kehilangan Berat (%)
	Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
1	1181,12	1143,57	37,55	3,1792	3,5982
2	1171,22	1117,12	54,10	4,6191	
3	1174,14	1138,96	35,18	2,9962	
1	1181,44	1146,76	34,68	2,9354	2,2654
2	1179,93	1157,18	22,75	1,9281	
3	1180,22	1157,41	22,81	1,9327	
1	1171,23	1138,29	32,94	2,8124	2,0757
2	1171,94	1147,01	24,93	2,1272	
3	1176,86	1161,71	15,15	1,2873	
1	1185,66	1169,28	16,38	1,3815	2,3740
2	1180,21	1143,02	37,19	3,1511	
3	1182,94	1152,31	30,63	2,5893	
1	1177,99	1145,95	32,04	2,7199	2,6463
2	1177,79	1146,53	31,26	2,6541	
3	1178,23	1148,01	30,22	2,5649	

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

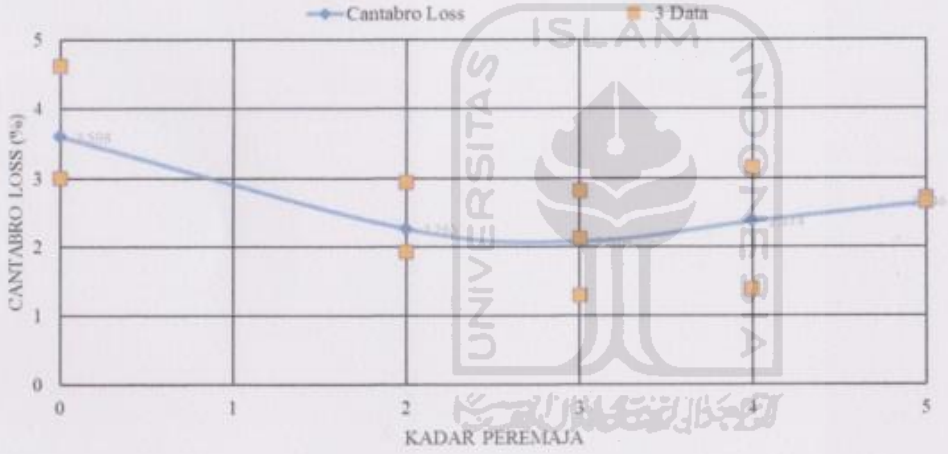
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3205, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 35. Hasil Grafik Pengujian *Cantabro* dengan KAO

HASIL GRAFIK PENGUJIAN *CANTABRO* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Senin,16 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh: Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 36. Pengujian Durabilitas 24 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas

PENGUJIAN DURABILITAS 24 JAM PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* DENGAN SERAT IJUK DAN VARIASI PEREMAJA OLI BEKAS

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020 Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Kadar Oli (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	0,5	100	0,185
	24	95,65	
2	0,5	100	0,222
	24	94,79	
3	0,5	100	0,230
	24	94,61	
4	0,5	100	0,241
	24	94,34	
5	0,5	100	0,259
	24	93,91	

Kadar Oli (%)	*Immersion* (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0,5	100	4,35	24,5	2,130	97,870
	24	95,65				
2	0,5	100	5,21	24,5	2,659	97,341
	24	94,79				
3	0,5	100	5,39	24,5	2,753	97,247
	24	94,61				
4	0,5	100	5,66	24,5	2,891	97,109
	24	94,34				
5	0,5	100	6,09	24,5	3,111	96,889
	24	93,91				

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 37. Pengujian Durabilitas 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas

PENGUJIAN DURABILITAS 48 JAM PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* DENGAN SERAT IJUK DAN VARIASI PEREMAJA OLI BEKAS

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020 Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Kadar Oli (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	24	96,08552956	0,490
	48	88,33	
2	24	96,37897623	0,513
	48	87,77	
3	24	94,59993415	0,533
	48	87,33	
4	24	100	0,792
	48	86,88	
5	24	100	0,839
	48	86,15	

Kadar Oli (%)	*Immersion* (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK/A (%)	Sa (%)
0	0,5	100	11,67	48,5	5,776	94,224
	48	88,33				
2	0,5	100	12,23	48,5	6,053	93,947
	48	87,77				
3	0,5	100	12,67	48,5	6,269	93,731
	48	87,33				
4	0,5	100	13,12	48,5	6,489	93,511
	48	86,88				
5	0,5	100	13,85	48,5	6,852	93,148
	48	86,15				

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

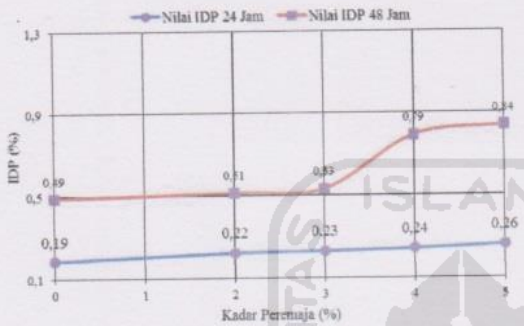
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

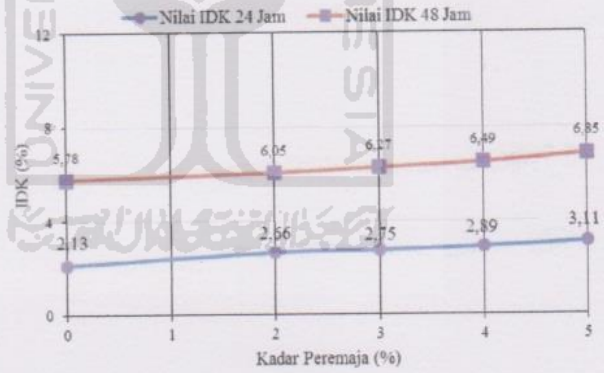
Lampiran 38. Grafik Pengujian Durabilitas 24 Jam dan 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Ijuk dan Variasi Peremaja Oli Bekas

GRAFIK PENGUJIAN DURABILITAS 24 JAM DAN 48 JAM PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* DENGAN SERAT IJUK DAN VARIASI PEREMAJA OLI BEKAS

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Campuran : *Split Mastic Asphalt*

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D





Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung Ir. Muh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. delanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 39. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova (Test of Homogenity of variances)*

HASIL ANALISIS STATISTIK PENGUJIAN DENGAN *ANOVA (TEST OF HOMOGENITY OF VARIANCES)*

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt*

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Nilai Stabilitas	1.245	4	10	.353
Nilai *Flow*	.417	4	10	.793
Nilai *MQ*	1.798	4	10	.206
Nilai *VMA*	5.690	4	10	.012
Nilai *VFWA*	3.668	4	10	.043
Nilai *VITM*	3.645	4	10	.044
Nilai Density	3.238	4	10	.060
Nilai *IRS* 24 jam	1.147	4	10	.389
Nilai *IRS* 48 Jam	.381	4	10	.817
Nilai *ITS*	.949	4	8	.484
Uji_*Cantabro*	2.079	4	10	.159
*ITS*_24JAM	.623	4	10	.657

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Penelifi,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3203, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lampiran 40. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova*

HASIL ANALISIS STATISTIK PENGUJIAN DENGAN *ANOVA*

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020 Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nilai Stabilitas	Between Groups	37535.720	4	9383.930	4.576	.023
	Within Groups	20507.948	10	2050.795		
	Total	58043.668	14			
Nilai *Flow*	Between Groups	.153	4	.038	2.396	.120
	Within Groups	.160	10	.016		
	Total	.313	14			
Nilai *MQ*	Between Groups	6543.994	4	1635.998	4.743	.021
	Within Groups	3449.335	10	344.933		
	Total	9993.329	14			
Nilai *VMA*	Between Groups	.113	4	.028	.721	.597
	Within Groups	.392	10	.039		
	Total	.505	14			
Nilai *VFWA*	Between Groups	5.053	4	1.263	1.353	.317
	Within Groups	9.335	10	.934		
	Total	14.388	14			
Nilai *VITM*	Between Groups	.303	4	.076	1.207	.367
	Within Groups	.627	10	.063		
	Total	.931	14			
Nilai Density	Between Groups	.000	4	.000	.843	.529
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.000	14			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Lanjutan Lampiran 40. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova*

HASIL ANALISIS STATISTIK PENGUJIAN DENGAN *ANOVA*

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2020
Campuran : *Split Mastic Asphalt*

Dikerjakan Oleh: Ahmad Hanif W
Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nilai *IRS* 24 jam	Between Groups	41974.363	4	10493.591	4.018	.034
	Within Groups	26113.864	10	2611.386		
	Total	68088.226	14			
Nilai *IRS* 48 Jam	Between Groups	37558.393	4	9389.598	4.636	.022
	Within Groups	20252.630	10	2025.263		
	Total	57811.023	14			
Nilai *ITS*	Between Groups	23.057	4	5.764	8.346	.006
	Within Groups	5.525	8	.691		
	Total	28.582	12			
Uji_*Cantabro*	Between Groups	4.309	4	1.077	2.126	.152
	Within Groups	5.066	10	.507		
	Total	9.375	14			
*ITS*_24JAM	Between Groups	26.682	4	6.671	6.358	.008
	Within Groups	10.491	10	1.049		
	Total	37.174	14			

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Ahmad Hanif W)
15 511 115