# TUGAS AKHIR

# PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN PEREMAJA *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (*RAP*) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) 0/11 DENGAN SELULOSA SERABUT KELAPA

***(THE EFFECT OF WASTE OIL AS RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) REJUVENATOR TO CHARACTERISTICS OF SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 WITH COCONUT HUSKS SELULOSE )***

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


**TNORTH ADHITIYA PRAYUDA**
**15 511 173**

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

**2019**

# TUGAS AKHIR

# PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN *PEREMAJA RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (*RAP*) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) 0/11 DENGAN SELULOSA SERABUT KELAPA

## *(THE EFFECT OF WASTE OIL AS RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) REJUVENATOR TO CHARACTERISTICS OF SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 WITH COCONUT HUSKS SELULOSE)*

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


**TNORTH ADHITIYA PRAYUDA**
**15 511 173**


**Disetujui :**
**Pembimbing**

**Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D**
**Tanggal: 1 Desember 2020**

# TUGAS AKHIR

# PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN *PEREMAJA RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT* (*RAP*) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) 0/11 DENGAN SELULOSA SERABUT KELAPA

## *(THE EFFECT OF WASTE OIL AS RECLAIMED ASPHALT PEVEMENT (RAP) REJUVENATOR TO CHARACTERISTICS OF SPLIT MASTIC ASHPHALT (SMA) 0/11 WITH COCONUT HUSKS SELULOSE)*

Disusun Oleh

**Tnorth Adhitiya Prayuda**

**15511173**

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

Diuji pada tanggal 1 Desember 2020

Oleh Dewan Penguji

| Pembimbing | Penguji I | Penguji II |
|---|---|---|
| **Miftahul Fauziah S.T.,M.T.,Ph.D** | **Rizki Budi Utomo, S.T.,M.T** | **Ir. Akhmad Marzuko, M.T** |
| **NIK: 955110103** | **NIK: 045110406** | **NIK: 885110107** |

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

# PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

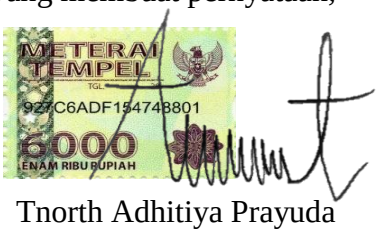
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

| | |
|---|---|
| Nama | : Tnorth Adhitiya Prayuda |
| Nim | : 15 511 173 |
| Program Studi | : Teknik Sipil |
| Judul Tugas Akhir | : Pengaruh Oli Bekas sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Selulosa Serabut Kelapa |

Saya menyatakan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir ini yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan dari Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil dari karya saya sendiri. Adapun juga bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip melalui hasil dari karya orang lain yang telah dituliskan dari beberapa sumbernya secara jelas sesuai dengan norma yang berlaku, kaidah, dan etika dalam penulisan karya ilmiah. Apabila kemudian hari ditemukannya seluruh atau sebagian laporan dari Tugas Akhir saya ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, maka saya bersedia menerima sanksi, termasuk dalam pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang telah berlaku.

Yogyakarta, 1 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,




Tnorth Adhitiya Prayuda

(15511173)

# DEDIKASI



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

1. Keluarga penulis yaitu Bapak, Mama, Kakak yang telah banyak memberi dukungan kepada penulis berupa motivasi, doa, dan materil
2. Bapak/Ibu Dosen, Laboran, dan Staff Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII yang sangat membantu penulis dalam berproses di kampus ini.
3. Keluarga "SIMALAS 15" yang selalu membantu, mengingatkan, menjadi teman diskusi selama menimba ilmu di teknik sipil. Semoga sukses dan sehat selalu kawan-kawan.
4. Keluarga, rekan dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulis Tugas Akhir ini.

*"Swallow your ego before your ego swallows you"*

Sebaik-baiknya diri kita masih baik lagi orang lain dan sejahat-jahatnya orang lain masih lagi lebih jahat diri kita sendiri jadi jangan anggap diri kita paling benar dan baik di antara yang lainnya.

*- Keep Moving -*

Terimakasih

# KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT Tuhan dari semesta alam, atas dari segala rahmat dan hidayahNya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Oli Bekas sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Selulosa Serabut Kelapa. Tugas Akhir ini merupakan salah satu dari syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat akhir dari sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan dari Tugas Akhir ini banyak hambatan yang telah dihadapi oleh penulis, namun karena berkat saran, kritik, dan serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdullilah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Miftahul Fauziah S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing dari Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak sekali ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar lebih baik dari sebelum - sebelumnya.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Subarkah, M.T, selaku Kepala Laboratorium Jalan Raya Fakultas Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Sukamto HM dan Bapak Pranoto, selaku Laboran Laboratorium Jalan Raya Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Wiwik, selaku staff administrasi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

7. Ibu, Bapak, dan Keluarga Besar penulis yang selalu memberikan doa dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Hanif Wildansyah dan Rafi Fadhil Nugroho selaku kelompok Tugas Akhir yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini. Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Maret 2020

Penulis,



Tnorth Adhitiya Prayuda

(15511173)

# DAFTAR ISI


HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
DEDIKASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xviii
ABSTRAK xx
*ABSTRACT* xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kinerja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) dengan Bahan Peremaja Oli Bekas 5
2.1.1 Pengaruh Asbuton terhadap *RAP* dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar 6
2.1.2 Penggunaan Minyak Goreng Curah Nabati, Oli SAE 10 dan RejRE sebagai Peremaja *RAP* 6
2.1.3 Penggunan Minyak Goreng Bekas sebagai Peremaja *RAP* pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 6

2.1.4 Penggunaan Solar sebagai Peremaja *RAP* pada Campuran *AC – WC* 7
2.2 Kinerja Serat Selulosa Organik Serabut Kelapa dengan (*SMA*) *Split Mastic Asphalt* 7
2.3 Kinerja (*SMA*) *Split Mastic Asphalt* terhadap Perkerasan Jalan 8
2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan 9
2.5 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan 12
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1 Pembebanan pada Perkerasan Jalan 13
3.2 Struktur Perkerasan Jalan 13
3.2.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*) 14
3.2.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*) 15
3.2.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*) 16
3.2.4 Tanah Dasar (*Sub Grade*) 16
3.3 *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) 17
3.4 Bahan Peremaja Oli Bekas 20
3.5 *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 21
3.5.1 Spesifikasi Teknik (Bina Marga) 22
3.5.2 Sifat-Sifat *SMA* (*Split Mastic Asphalt*) 22
3.6 Bahan Pendukung Perkerasan lentur 23
3.6.1 Agregat 23
3.6.2 Gradasi Agregat 26
3.6.3 Aspal 27
3.6.4 *Filler* 29
3.6.5 Bahan Tambah (*Additive*) 29
3.7 Karakteristik Campuran 29
3.7.1 Tahanan Geser (*Skid Resistant*) 30
3.7.2 Kelenturan (*Flexibility*) 30
3.7.3 Kemudahan Pekerjaan (*Workability*) 30

3.7.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatique Resistance*) 30
3.7.5 Stabilitas 35
3.7.6 Keawetan (*Durability*) 36
3.7.7 *Marshall Quotient* 36
3.8 Kuat Tarik Tak Langsung *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) 37
3.8.1 Kuat Tarik Tak Langsung yang Dihasilkan dari Variasi Perendaman (*Tensile Strength Ratio*) 38
3.9 *Immersion Test* 38
3.9.1 Indeks Durabilitas Pertama (IDP) 39
3.9.2 Indeks Durabilitas Kedua (IDK) 39
3.10 *CantabroTest* 40
BAB IV METEDOLOGI PENELITIAN 42
4.1 Metode Penelitian 42
4.2 Metode Pengambilan Data 42
4.3 Tahapan Penelitian 42
4.4 Langkah-Langkah Penelitian 44
4.4.1 Pengujian Agregat 44
4.4.2 Pengujian Aspal 45
4.4.3 Pengujian *Filler* 45
4.4.4 Pengujian Bahan *RAP* 46
4.4.5 Kadar Pengujian Serat Serabut Kelapa 46
4.5 Persiapan Alat 46
4.6 Perencanaan Campuran 47
4.7 Pengujian Penelitian 56
4.7.1 Pengujian *Marshall* 56
4.7.2 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*) 57
4.7.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*) 58
4.7.4 Pengujian *Indirect Retained Strength* (*IRS*) 58
4.7.5 Pengujian *Cantabro* 58
4.8 Analisis Data 59
4.9 Bagan Alir Metode Penelitian 62

4.10 *Time Schedule* 64
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 65
5.1 Karakteristik Material 65
5.1.1 Hasil Pengujian Material *RAP* 65
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar 67
5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus 69
5.1.4 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Baru 70
5.1.5 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum 72
5.1.6 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 pada Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Variasi Oli Bekas sebagai Peremaja Material *RAP* 79
5.2 Peninjauan Karakterisitk *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum 83
5.2.1 Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 90
5.3 Karakteristik *Index of Retained Strength* (*IRS*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 101
5.4 Indeks Durabilitas Pertama (IDP) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada *Campuran Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 103
5.5 Indeks Durabilitas Kedua (IDK) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 104
5.6 Karakteristik *Indirect Tensile Streght* (*ITS*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada

Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 105
5.7 Karakteristik *Tensile Strength Ratio* (*TSR*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 106
5.8 Karakteristik *Cantabro Loss* Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa 109
5.9 Pengaruh Kadar Peremaja terhadap Karakteristik Campuran *SMA* 111
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 114
6.1 Kesimpulan 114
6.2 Saran 116
DAFTAR PUSTAKA 118
LAMPIRAN 121

# DAFTAR TABEL


Tabel 2.1.Perbandingan Penelitian dengan Penelitian yang dilaksanakan 10

Tabel 3. 1 Persyaratan Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 23

Tabel 3. 2 Ketentuan Agregat Kasar 25

Tabel 3. 3 Ketentuan Agregat Halus 25

Tabel 3. 4 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 26

Tabel 3. 5 Ketentuan-Ketentuan Aspal Padat 28

Tabel 4. 1 Standar Pengujian Aspal Pen 60/70 45

Tabel 4. 2 Syarat Gradasi *Filler* 46

Tabel 4. 3 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 49

Tabel 4. 4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5% 50

Tabel 4. 5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6% 50

Tabel 4. 6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5% 51

Tabel 4. 7 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7% 51

Tabel 4. 8 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 7,5% 52

Tabel 4. 9 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) 52

Tabel 4. 10 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 0 % Kadar Aspal Optimum 7,34 % 53

Tabel 4. 11 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 2 % Kadar Aspal Optimum 7,34 % 54

Tabel 4. 12 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 3 % Kadar Aspal Optimum 7,37 % 54

Tabel 4. 13 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 4 % Kadar Aspal Optimum 7,38 % 55

Tabel 4. 14 Jumlah Kebutuhan Agregat Kadar Peremaja 5 % Kadar Aspal Optimum 7,37 % 55

Tabel 4. 15 Jumlah Benda Uji pada KAO dengan Variasi Pengujian Oli Bekas 56

Tabel 4. 16 *Time Schedule* Penelitian 64

Tabel 5. 1 Kadar Aspal pada Material *RAP* 65
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material *RAP* 67
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar 67
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus 69
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70 70
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 0 % 73
Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 2 % 74
Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 3 % 75
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 4 % 76
Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 5 % 77
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian karakteristik *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA* 78
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum Campuran *SMA* 79
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* 80
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Immersion* pada Campuran *SMA* 80
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* 81
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Cantabro* 81
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik *ANOVA* pada Pengujian *Marshall* 82
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik *ANOVA* pada Pengujian *ITS, Cantabro,* dan *IRS* 82
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *IRS* pada Campuran *SMA* 102
Tabel 5. 20 Rangkuman Hasil Pengujian Campuran *SMA 0/11* 112

# DAFTAR GAMBAR


Gambar 3. 1 Penyebaran Beban Roda pada Lapis Perkerasan Jalan 13
Gambar 3. 2 Struktur Lapis Permukaan Jalan 14
Gambar 3. 3 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 27
Gambar 3. 4 Komposisi Aspal 28
Gambar 3. 5 *VIM dan VMA* 34
Gambar 3. 6 *VFWA* 35
Gambar 4. 1 Bagan Alir Metode Penelitian 63
Gambar 5. 1 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 0 % 73
Gambar 5. 2 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 2 % 74
Gambar 5. 3 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 3 % 75
Gambar 5. 4 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 4 % 76
Gambar 5. 5 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 5 % 77
Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas 83
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Flow* 85
Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *MQ* 86
Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VITM* 87
Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VFWA* 88
Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VMA* 89
Gambar 5. 12 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Density* 90
Gambar 5. 13 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VITM* 92
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VFWA* 93
Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VMA* 95
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas 96
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas dengan Nilai Stabilitas 97
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Flow* 98
Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli terhadap Nilai *Flow* 98

Gambar 5. 20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *MQ* 99
Gambar 5. 21 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai terhadap Nilai *MQ* 100
Gambar 5. 22 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Density* 101
Gambar 5. 23 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *IRS* 24 Jam dan *IRS* 48 Jam 102
Gambar 5. 24 Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *IRS* 103
Gambar 5. 25 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai IDP 24 Jam dan Nilai IDP 48 Jam 104
Gambar 5. 26 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai IDK 24 Jam dan Nilai IDK 48 Jam 105
Gambar 5. 27 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *ITS* 106
Gambar 5. 28 Grafik Perbandingan Nilai *ITS* 1 & *ITS* 2 107
Gambar 5. 29 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *TSR* 108
Gambar 5. 30 Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro* 109
Gambar 5. 31 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro* 110

# DAFTAR LAMPIRAN


Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal 122
Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan 123
Lampiran 3 Form Pemeriksaan Daktilitas 124
Lampiran 4 Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal 125
Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal 126
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal 127
Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal 128
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 129
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus 130
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng 131
Lampiran 11 Pemeriksaan *Sand Equivalent* 132
Lampiran 12 Pemeriksaan Keausan Agregat 133
Lampiran 13 Pemeriksaan Penetrasi Aspal pada Material *RAP* 134
Lampiran 14 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal pada Material *RAP* 135
Lampiran 15 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 0% 136
Lampiran 16 Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 0% 137
Lampiran 17 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 2% 138
Lampiran 18 Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 2% 139
Lampiran 19 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 3% 140
Lampiran 20 Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 3% 141
Lampiran 21 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 4% 142

Lampiran 22 Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 4% 143
Lampiran 23 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 5% 144
Lampiran 24 Grafik Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 5% 145
Lampiran 25 Hasil terhadap Pengujian *Marshall* 0,5 Jam dengan KAO 146
Lampiran 26 Grafik Pengujian *Marshall* 0,5 Jam dengan KAO 147
Lampiran 27 Hasil terhadap Pengujian *IRS* 24 Jam dengan KAO 148
Lampiran 28 Hasil terhadap Pengujian *IRS* 48 Jam dengan KAO 149
Lampiran 29 Grafik Perbandingan Hasil Pengujian *IRS 24* Jam dan *IRS 48* Jam dengan KAO 150
Lampiran 30 Pengujian *Indirect Tensile Strength* 1 dari Hasil KAO 151
Lampiran 31 Pengujian *Indirect Tensile strength* 2 dengan KAO 152
Lampiran 32 Grafik Pengujian *Indirect Tensile Strength* 1 dan 2 dengan KAO 153
Lampiran 33 Rekapitulasi Perhitungan *Tensile Strength Ratio* 154
Lampiran 34 Grafik *Tensile Strength Ratio* 155
Lampiran 35 Pengujian *Cantabro* dari Hasil KAO 156
Lampiran 36 Pengujian *Cantabro* dengan KAO 157
Lampiran 37 Pengujian Durabilitas 24 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas 158
Lampiran 38 Grafik Pengujian Durabilitas 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas 159
Lampiran 39 Grafik Pengujian Durabilitas 24 Jam dan 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas 160
Lampiran 40 Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova (Test of Homogenity of variances)* 161
Lampiran 41 Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova* 162

# 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* (kg/cm$^2$) |
| *VMA* | : *Voids in the Mineral Aggregate* |
| *VITM* | : *Voids in the Mix* |
| *VFWA* | : *Volume of Void Filled with Asphalt* |
| *MQ* | : *Marshall Quetient* (kg/mm) |
| *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 campuran aspal (tanpa rongga) |
| $P_{mm}$ | : Persentase berat dari total campuran yang belum padat |
| $P_b$ | : Kadar aspal, persen berat total dari campuran |
| $G_b$ | : Berat jenis aspal |
| $P_s$ | : Kadar agregat, persen berat total dari campuran |
| a | : Persentase aspal terhadap batuan |
| b | : Presentase aspal terhadap campuran (%) |
| c | : Berat benda uji sebelum direndam (gr) |
| g | : Berat volume benda uji / nilai *density* (gr/cc) |
| h | : Berat jenis maksimum teoritis campuran (gr/cc) |
| k | : Faktor kalibrasi alat |
| m | : *VFWA* (%) |

| | |
|---|---|
| n | : Nilai *VITM* |
| p | : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi *proving ring* |
| q | : Pembacaan stabilitas pada dial alat *Marshall* (lb) |
| A | : Luas penampang benda uji ($cm^2$) |
| C | : Angka koreksi ketebalan |
| F | : Nilai *Flow* (mm) |
| L | : Persentase kehilangan berat (%) |
| P | : Tekanan air pengujian ($kg/cm^2$) |
| T | : Lama waktu perembesan (detik) |
| S | : Nilai stabilitas terkoreksi (kg) |
| V | : Volume jenis air ($cm^3$) |
| MSi | : Stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) (Kg) |
| MSs | : Stabilitas *Marshall* standar (1/2 jam) (Kg) |
| *l* | : Nilai *VMA* (%) |
| *h* | : Tinggi sampel (cm) |
| $\gamma air$ | : Berat jenis air ($kg/cm^3$) |
| 0,454 | : Konversi beban dari lb ke kg |
| *P*runtuh | : Beban puncak (kg) |
| Ao | : Kostanta (tabel Ao terlampir pada lampiran) |
| Mo | : Berat sebelum diabrasi (gr) |
| Mi | : Berat setelah diabrasi (gr) |
| $S_1$ | : Rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit (kg) |
| $S_2$ | : Rata-rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 24 jam (kg) |

# ABSTRAK

*Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) merupakan hasil dari pengerukan perkerasan jalan lama yang biasa digunakan sebagai urugan dan bahkan telah menjadi limbah yang biasanya jarang dimanfaatkan. Material *RAP* yang tidak terpakai lagi dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton dari aspal baru dengan peremaja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari oli bekas kendaraan bermotor sebagai peremaja untuk *RAP* pada gradasi campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan menggunakan penambahan serat serabut kelapa sebagai *Mastic* terhadap karakteristik *Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss*.

Pertama dilakukan pengujian untuk menguji dari karakteristik material *RAP* dan agregat baru, kemudian menentukan kadar aspal optimum (KAO) tiap-tiap variasi kadar peremaja 0%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pemeriksaan selanjutnya dari karakteristik *Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss* dengan menggunakan pedoman yang telah digunakan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 dan Bina Marga 1987.

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penambahan oli bekas sebagai peremaja *RAP* pada kadar 2% - 3% dapat digunakan dalam campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan serat serabut kelapa. Penggunaan serat serabut kelapa sebagai serat selulosa pada penelitian ini memiliki pengaruh mengisi dan mengikat ruang antar agregat dan aspal pada campuran. Hasil pengujian *Marshall* menunkan bahwa seiring penambahan kadar peremaja kemampuan campuran dalam menahan beban semakin menurun dan kelenturan pada campuran semakin bertambah. Pada pengujian *IRS* menunjukkan penurunan durabilitas pada campuran perkerasan seiring kadar penambahan kadar peremaja dengan nilai *IRS* 24 jam memenuhi syarat dari Bina Marga sebesar ≥ 90% pada kadar peremaja 0% - 3%, sedangkan pada kadar 4% - 5% tidak memenuhi syarat dari Bina Marga pada nilai *IRS* 48 jam tidak memenuhi syarat pada seluruh variasi kadar peremaja. Pada pengujian *ITS* nilai *ITS uncondition* dan *ITS condition* diperoleh pengaruh penambahan variasi kadar peremaja dapat menurunkan kinerja kuat tarik pada campuran perkerasan dengan nilai *ITS uncondition* dan *ITS conditon* optimum berada pada kadar peremaja 3%, sedangkan nilai *TSR* cenderung naik seiring bertambahnya kadar peremaja dan pada kadar 4% - 5 % cenderung turun. Pada pengujian *Cantabro* dengan nilai *Cantabro Loss* pada semua variasi oli bekas memenuhi syarat Bina Marga (2010) ≤ 20 % namun seiring bertambahnya kadar peremaja kemampuan campuran perkerasan terhadap disintegrasi meningkat akibat benturan.

**Kata-kata Kunci**: Oli bekas, *reclaimed asphalt pavement*, serat serabut kelapa, *split mastic asphalt* 0/11

# *ABSTRACT*

*Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is the result of dredging of old road pavements commonly used as fill and has even become a waste that is usually rarely utilized. Unused RAP material can be used as an added material in the manufacture of concrete from new asphalt with rejuvenation. This research has the purpose of knowing the influence of used motorcycle vehicle oil as a rejuvenation for RAP on the mixed gradation of Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 by using the addition of coconut fiber as Mastic to the characteristics of Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss.*

*First conduct to test the characteristics of new RAP and aggregate materials, then determine optimum asphalt (KAO) levels for each variation in rejuvenation rates of 0%, 2%, 3%, 4%, and 5%. Further examination of the characteristics of Marshall, ITS, IRS, Cantabro Loss using guidelines that have been used in accordance with the specifications of Bina Marga 2010 and Bina Marga 1987.*

*The results showed the effect of adding used oil as rap rejuvenation at a rate of 2% - 3% can be used in split mastic asphalt (SMA) 0/11 mixture with coconut fiber. The use of coconut fibers as cellulose fibers in this study had the effect of filling and binding space between aggregates and asphalt on the mixture. Marshall's test results showed that as the level of rejuvenation of the mixture's ability to withstand the load decreased and the flexibility in the mixture increased. IRS tests showed a decrease in durability in the hardening mix as the rate of increase in the rejuvenation rate with the 24-hour IRS value qualified from Bina Marga by ≥ 90% at the rejuvenation rate of 0% - 3%, while at the rate of 4% - 5% ineligible from Bina Marga at the IRS value 48 hours ineligible on all variations in the rejuvenation rate. In ITS test its uncondition and ITS condition values obtained the effect of increasing the variation in rejuvenation rate can decrease the strong performance of pull on the hardening mixture with its uncondition and ITS conditon optimum values are at a rejuvenation rate of 3%, while tsr values tend to rise as the rejuvenation rate increases and at a rate of 4% - 5% tends to decrease. In cantabro testing with Cantabro Loss value on all used oil variations qualified Bina Marga (2010) ≤ 20 % but as the level of rejuvenation of the ability of the hardening mixture against disintegration increased due to impact.*

*Keywords: Used oil motorcycle, reclaimed asphalt pavement, coconut fiber, split mastic asphalt 0/11*

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Teknologi transportasi, khususnya jalan raya mengalami perkembangan yang sangat pesat yang ditandai dengan semakin lancarnya arus transportasi darat. Semakin lancarnya arus transportasi darat maka terjadi pertambahan dari volume kendaraan yang berpengaruh pada beban kerja yang dapat menyebabkan berkurangnya umur layanan dari perkerasan jalan yang tersedia pada beban yang bekerja pada jalan menjadi lebih besar dari beban rencana, sehingga kerusakan terhadap lapisan perkerasan mudah sekali terjadi yang dapat menyebabkan kenyamanan dalam berkendara menjadi berkurang.

Metode daur ulang dapat dipergunakan untuk mengatasi suatu permasalahan dalam perbaikan jalan untuk saat ini, karena metode daur ulang ini dapat menghemat suatu penggunaan aspal dan bahan batuan. Permasalahan yang ada sekarang karena banyak sekali limbah yang tidak terpakai yang seharusnya dapat dipergunakan untuk bahan yang lebih bermanfaat.

Pemanfaatan aspal daur ulang pada umumnya digunakan untuk pengurangan penggunaan agregat baru. *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* merupakan material bekas dari hasil *Hotmix* penggalian *cold milling*. Salah satu contoh permasalhan banyaknya sisa aspal pembongkaran yang tidak diamnfaatkan lagi secara efektif adalah di bekas pembongkaran jalan nasional pada ruas Jalan Yogyakarta – Wates di Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta.

Oli bekas sepeda motor termasuk dalam limbah bahan berbahaya dan beracun yang perlu dilakukan penanganan khusus dan untuk menanggulagi salah satu cara yaitu dengan penggunaan kembali limbah tersebut sebagai kebutuhan material kontruksi jalan. Campuran kompleks hidrokarbon dan senyawa kimia yang terkandung dalam oli bekas diantaranya adalah resin, dan dapat digunakan sebagai bahan peremaja karena memiliki senyawa resin yang dapat meremajakan material *RAP* dan memulihkan sifat *RAP* sehingga seperti aspal baru.

Untuk Mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut di atas,salah satu teknologi yang terus dikembangkan adalah *Split Mastic Asphalt* atau *Stone Matrix Asphalt (SMA)* merupakan campuran panas suatu bahan dengan serat selulosa sebagai bahan pengisi yang dapat menghasilkan mutu campuran panas yang memiliki kadar aspal yang baik dan memiliki durabilitas yang baik serta tahan terhadap retak, lendutan dan gelombang akibat muatan lebih dari roda kendaraan.

Campuran aspal berkadar tinggi tersebut agar tidak mengalami *bleeding* maka diperlukan sebuah bahan tambah yang dapat menghasilkan sebuah campuran aspal. Bahan tambah yang banyak digunakan adalah *Arbocel* dan *Roadcel* yang merupakan serat selulosa sintetis yang dapat menstabilkan campuran aspal. Penelitian ini menggunakan serat organik yang berupa limbah serat serabut kelapa karena serabut kepala untuk di daerah Kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yogyakarta banyak terdapat limbah dari serabut kelapa ini yang masih kurang dalam pemanfaatan limbahnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan bahan serat selulosa organik yaitu serabut kelapa?
2. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan bahan serat selulosa serabut kelapa terhadap *Index of Retained Strength (IRS)?*
3. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja untuk bahan *(RAP) Reclaimed Asphalt Pavement* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa organik terhadap nilai kuat tarik tak langsung *(Indirect Tensile Strenght)*?
4. Berapakah kadar oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP*) pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa serabut kelapa yang telah disarankan?

5. Bagaimana pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan serat serabut kelapa terhadap uji *Cantabro Loss*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di atas tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan bahan serat selulosa organik serabut kelapa.
2. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa organik serabut kelapa terhadap *Index of Retained Strength (IRS).*
3. Mengetahui pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa organik serabut kelapa terhadap nilai kuat tarik tak langsung *(Indirect Tensile Strenght).*
4. Mengetahui kadar oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa organik serabut kelapa yang telah disarankan.
5. Mengetahui pengaruh kadar oli bekas sebagai bahan peremaja pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan serat serabut kelapa terhadap uji *Cantabro Loss*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini menjadi pengetahuan baru untuk penelitian dan masyarakat luas. Penelitian ini juga diharapkan selanjutnya bisa mengembangkan penelitian dari seberapa besar pengaruh oli bekas sebagai bahan peremaja untuk bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dengan serat selulosa organik berupa serat selulosa serabut kelapa sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk menentukan penelitian ini dengan bahan daur ulang yaitu oli bekas sebagai bahan peremaja untuk bahan

*Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa organik serabut kelapa sebagai pemanfaatan bahan-bahan daur ulang agar lebih efektif dalam bidang perkerasan.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Campuran *Split Asphalt Mastic (SMA)* yang digunakan yaitu *SMA 0/11* dengan tebal perkerasan 3-5 cm.
2. Agregat menggunakan agregat kasar yang berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir yang diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bahan pengikat menggunakan aspal pertamina Pen 60/70.
4. Penelitian ini menggunakan bahan *RAP* dari bongkaran perkerasan jalan lama yang berasal dari Jalan Wates Kulon Progo Daerah IstimewaYogyakarta. Yang memiliki umur layanan di atas 5 tahun. (Tidak diperiksa).
5. Bahan serat selulosa menggunakan bahan organik yang berasal dari Kabupaten Gunung Kidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
6. Bahan peremaja untuk penelitian ini menggunakan oli bekas sepeda motor dari bengkel Vespa *The Bengkel* Condong Catur. (Tidak diperiksa).
7. Persentase penggunaan *RAP* sebesar 25% dari total campuran sesuai dengan *The Asphalt Institute* yaitu sekitar 10%-35%.
8. Proporsi oli bekas yang merupakan bahan peremaja yang dicampurkan pada penelitian ini yaitu 0%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat benda uji.
9. Bahan serat selulosa menggunakan serat serabut kelapa dan menggunakan nilai stabilitas 0,3% dari total campuran.
10. Pengujian karakteristik *Marshall, IRS, ITS,* dan *Cantabro Loss* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII Yogyakarta.
11. Penelitian ini menggunakan alat-alat yang diperlukan untuk mendukung keberhasilan yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Kinerja *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* dengan Bahan Peremaja Oli Bekas

*Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) adalah material yang berasal dari pengerukan lapis permukaan perkerasaan jalan yang lama dengan cara merotavatingnya sampai kedalaman 20 cm (8 inci) untuk dimanfaatkan kembali sebagian atau keseluruhan dalam konstruksi perkerasan yang baru sebagai material pencampur pada campuran aspal. *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) dapat digunakan kembali karena secara struktur agregat yang terkandung masih dapat berfungsi sebagai campuran dengan agregat baru. Selain itu beberapa pemanfaatan penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) untuk menghemat energi, menjaga keseimbangan lingkungan, mengurangi biaya konstruksi, dan melindungi agregat dan bahan pengikat pada perkerasan yang lama. Kerusakan yang berupa retak dapat diminimalkan pada penggunaan campuran *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP*) ini. Dari pertimbangan-pertimbangan dan pilihan sebagaimana dikemukakan di atas, tersirat beberapa keuntungan dari daur ulang aspal sebagai berikut.

1. Terjadinya peningkatan nilai struktur yang cukup berarti.
2. Terjadinya perbaikan (koreksi) lapis permukaan dan pondasi lama yang kurang sempurna.
3. Penyimpangan atau ketidaksempurnaan komposisi campuran terkoreksi.
4. Problem yang dihadapi lebih sedikit.

Perlunya inovasi dalam pemeliharaan jalan yang ramah lingkungan, pengolahan bahan tidak terpakai serta mengurangi pemakaian material baru maka digunakan perkerasan daur ulang yang dapat mengembalikan kekuatan perkerasan. Untuk mengembalikan kekuatan perekerasan daur ulang dibutuhkan peremaja. Peremaja yang digunakan yaitu oli bekas, serta *RAP* dan material baru ini dengan menggunakan perbandingan 25 : 75 dengan kadar peremaja yang dicampurkan

yaitu sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, 5% terhadap berat benda uji dan oli bekas yang bertujuan sebagai peremajaan dari perkerasan jalan tersebut untuk mengembalikan karakteristik dari aspal tersebut. Bahan peremaja ini juga menggunakan bahan limbah yaitu oli bekas sepeda motor.

### 2.1.1 Pengaruh Asbuton terhadap *RAP* dengan Peremaja Oli Bekas dan Solar

Penelitian yang dilakukan oleh Sumantri dkk (2014), yaitu menguji tentang pengaruh peremaja oli bekas dan solar terhadap karakteristik *Marshall* berupa stabilitas dan *flow*. Proporsi dari bahan peremaja ( oli bekas : solar ) sebesar 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0 dan kadar peremaja yang digunakan yaitu sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% sedangkan kadar asbuton yang dipakai yaitu sebesar 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan waktu peraman selama 4 hari, dari penelitian yang dilakukan maka diperoleh hasil dari kadar peremaja optimum yaitu berada pada kadar 2,93% dengan proporsi campuran antara oli bekas dan solar sebanyak 75:25 dan nilai stabilitas maksimum 236,17 kg.

### 2.1.2 Penggunaan Minyak Goreng Curah Nabati, Oli SAE 10 dan *Rej*RE sebagai Peremaja *RAP*

Penelitian yang dilakukan Nono (2016) yaitu membandingkan antara kinerja campuran beraspal yang menggunakan *RAP* dan peremaja dengan yang tidak menggunakan peremaja, serta membandingkan juga terhadap ketiga kinerja campuran beraspal panas yang menggunakan peremaja metode skala laboratorium. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *RAP* dalam campuran beraspal panas tanpa peremaja adalah maksimum 10%, sedangkan campuran beraspal panas dengan *RAP* 30% dan menggunakan peremaja *rej*IRE adalah yang memiliki kinerja yang terbaik karena tidak rentan terhadap terjadinya deformasi dan fatik.

### 2.1.3 Penggunan Minyak Goreng Bekas sebagai Peremaja *RAP* pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11

Penelitian yang dilakukan oleh Alfathli (2019), yaitu meneliti tentang pengaruh minyak goreng bekas sebagai bahan peremaja *RAP* pada campuran aspal

bergradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 terhadap karakteristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro*, dan *TSR*. Dari hasil penelitian diperoleh kadar penambahan minyak goreng bekas pakai sebagai bahan peremaja direkomendasikan yaitu pada rentang 4,2% hingga 5,7% dengan menggunakan kadar peremaja optimum sebesar 4,95% terhadap berat aspal pada material *RAP*.

2.1.4 Penggunaan Solar sebagai Peremaja *RAP* pada Campuran *AC – WC*

Penelitian ini dilakukan oleh Kasan (2009), yaitu untuk mengetahui karakteristik dari stabilitas dan durabilitas campuran beton aspal lama yang didaur ulang menggunakan peremaja solar. Variasi kadar bahan peremaja yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas dan durabilitas menurun seiring bertambahnya kadar dari bahan peremaja yang digunakan dalam campuran aspal daur ulang namun masih memenuhi spesifikasi stabilitas yang telah disyaratkan.

## 2.2 Kinerja Serat Selulosa Organik Serabut Kelapa dengan (*SMA*) *Split Mastic Asphalt*

*Split Mastic Asphalt* (*SMA*) merupakan salah satu dari sekian banyak jenis lapis permukaan jalan dan merupakan campuran beton aspal panas yang bergradasi terbuka dengan kandungan agregat kasar dan aspal yang tinggi. Karena memiliki kandungan aspal yang tinggi, maka diperlukan suatu bahan tambah untuk menstabilkan aspal dan memberi perkuatan. Bahan tambah yang sering digunakan pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) merupakan bahan tambah yang berasal dari serat selulosa sintetis seperti *Arbocel*, dan harga dari serat selulosa sintetis tersebut relatif mahal, yang digunakan dalam penelitian ini mencoba untuk mengganti dengan bahan daur ulang yang permanfaatannya kurang efektif yaitu dengan menggunakan serabut kelapa karena serabut kelapa bisa menggantikan serat selulosa yang biasa digunakan dengan menggunakan serat non organik dan digantikan dengan serat lelulosa organik.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Tahir (2011), dengan judul Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. Hasil penelitiannya adalah stabilitas campuran yang menggunakan

serat selulosa alami dedak padi hasil penelitiannya adalah stabilitas campuran yang menggunakan selulosa dedak padi sebagai bahan tambah pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) umumnya memenuhi spesifikasi, kecuali pada kadar aspal 7,5% - 8% dengan kadar dedak padi 7% nilai fleksibilitas campuran dinyatakan dengan *Marshall Quotient* (*MQ*), menunjukkan bahwa nilainya cenderung mengalami penurunan. Pada kadar aspal 5,5% menunjukkan nilai *MQ* yang tertinggi dan tidak memenuhi spesifikasi kecuali pada kadar dedak 8% - 9%. Nilai *MQ* yang memberikan kinerja campuran yang baik yaitu pada kadar aspal 6,5% - 7,5% dengan variasi kadar dedak 6%-8% durabilitas campuran dinyatakan dengan nilai stabilitas sisa.

Menurut penelitian yang telah dilakukan Sugandono dkk (2001) campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa serabut kelapa terhadap spesifikasi Bina Marga dari hasil pengujian laboratorium diperoleh campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan serat selulosa serabut kelapa yang dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga yaitu campuran dengan kadar serat serabut kelapa 0,3% dengan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% untuk stabilitas memenuhi spesifikasi bina marga yaitu 750 kg. Campuran ini juga memenuhi standar Bina Marga yaitu *Flow* memenuhi dengan spesifikasi 2 - 4 mm serta *VITM* memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu 3% - 5% dan *VFWA* memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu 75% - 85%.

## 2.3 Kinerja *(SMA) Split Mastic Asphalt* terhadap Perkerasan Jalan

*Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, aspal dan bahan tambah, dan merupakan campuran beton aspal panas bergradasi senjang yang terdiri dari campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* serta bahan tambah. Penggunaan agregat kasar dengan persentase yang tinggi mengakibatkan agregat saling mengunci *(interlocking)* sehingga menghasilkan campuran aspal yang tahan terhadap *rutting*. Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terisi oleh agregat kasar yang saling mengunci *(interlocking)*, sedangkan pada *Hot Mix Asphalt (HMA)* agregat terlihat seperti mengapung di dalam campuran. Oleh karena itu campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan kandungan agregat kasar

dapat memberikan ketahanan terhadap alur atau *rutting* dibandingkan dengan campuran *Hot Mix Asphalt (HMA)*.

Penelitian ini dilaksanakan oleh Mustofa (2016) yang mengulas tentang pengaruh pengunaan *RAP* terhadap campuran sama dengan penambahan batubara. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil yaitu penambahan pengunaan RAP yang semakin meningkat menyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* juga semakin naik, sedangkan untuk *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Quotient*) cenderung menurun. Selain itu, semakin meningkatnya kadar *filler* batubara, maka menyebabkan nilai *VFWA* dan *Flow* meningkat juga, sedangkan menurunkan nilai *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* (*Marshall Quotient*)

## 2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan

Perbandingan penelitian yang terdahulu dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat ditinjau pada tabel data penelitian terdahulu dengan penelitian yang telah dilaksanakan seperti pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1.Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan**

| No | Uraian | Penelitian yang dilaksanakan | (Tahir, 2011) | (Kasan, 2014) | (Sugandono, 2001) | (Sumantri,2014) | (Mustofa,2016) | (Alfathli, 2019) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Judul | Pengaruh Oli Bekas sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Selulosa Serabut Kelapa | Kinerja Campuran *Split Asphalt Mastic (SMA)* yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi | Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang | Pengaruh Penggunaan Serat Serabut kelapa sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa pada Campuran *(SMA) Split Mastic Asphalt* | 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 | Pengaruh Minyak Goreng Bekas sebagai Bahan Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* terhadap Campuran Aspal Bergradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* |
| 2 | Tujuan | Mengetahui pengaruh bahan peremaja oli bekas terhadap *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* dengan campuran *Split Asphalt Mastic* | Mengetahui kinerja serat selulosa dedak padi dalam campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* | Mengetahui karakteristik campuran beton aspal lama yang didaur ulang ditinjau dari karakteristik stabilitas dan durabilitas | Mengetahui kinerja serat selulosa serabut kelapa dengan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* | Mengetahui pengaruh peremaja oli bekas dan solar terhadap karakteristik M*arshall* berupa Stabilitas dan *Flow* | Mengetahui pengaruh penggunaan *RAP* dan *filler* limbah batubara terhadap kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) | Mengetahui pengaruh bahan peremaja terhadap *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* dengan |

Sumber : (Tahir, 2011), (Kasan, 2014), (Sugandono, 2001), (Sumantri, 2014), (Mustofa, 2016), (Alfathli, 2019)

**Tabel 2.1 Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah DiLaksanakan**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | campuran *Split Asphalt Mastic (SMA)* |
| 3 | Bahan | *Fresh Agregat* + *Reclaimed asphalt pavement* (*RAP*) + *Split Mastic Asphalt (SMA)* + bahan peremaja serabut kelapa | *Fresh* agregat + *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) + bahan tambah dedak | *Fresh* agregat + *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) + *LASTON AC-WC* + Solar | *Fresh* agregat + serat selulosa serabut kelapa | *Fresh Agregat* + oli bekas + solar + Asbuton | *Fresh* Agregat + *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) + *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) + limbah batubara | *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) + *Split Mastic Asphalt (SMA)* + bahan peremaja minyak goreng bekas |
| 4 | Metode | *Hot Mix* | *Hot Mix* | *Hot Mix* | *Hot Mix* | *Hot Mix* | *Hot Mix* | *Hot Mix* |
| 5 | Alat Uji | Karakeristik *Marshall, Permeabilitas, IRS, ITS,* dan nilai Uji *Cantabro* | *Marshall Test* | *Marshall Test* | *Stabilitas, Flow, Marshall Quotient* (MQ), *(VITM), (VFWA),* kepadatan *(Density), Voids in the Mineral Aggregate (VMA)* | *Marshall, Core Drill Test* | *Marshall Test, Los Angeles, Sand Equivalent,* penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas | Stabilitas, *Flow, MQ, VIM, VMA, VFWA,* nilai *IRS,* nilai *Permeabilitas,* dan Pengujian *Cantabro* |

Sumber : (Tahir, 2011), (Kasan, 2014), (Sugandono, 2001), (Sumantri, 2014), (Mustofa, 2016), (Alfathli, 2019)

## 2.5 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan

Berikut ini merupakan perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang telah dilaksanakan.

1. Penelitian ini menggunakan bahan peremaja yaitu oli bekas sepeda motor yang didapatkan dari bengkel Vespa *The Bengkel* Condong Catur Daerah Istimewa Yogyakarta sedangkan penelitian terdahulunya menggunakan minyak goreng bekas.
2. Penelitian ini menggunakan jenis campuran *Split Asphalt Mastic (SMA)* dipilih karena merupakan agregat senjang dengan kualitas yang baik yang menggunakan *grade* 0/11.
3. Penelitian ini menggunakan bahan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* yang diperoleh dari sisa bongkaran dari Jalan Wates Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Penelitian ini menggunakan parameter pengujian berupa Karakeristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, IDP, IDK dan nilai Uji *Cantabro* sedangkan pengujian sebelumnya kebanyakan hanya menguji *Marshall Quotient.*

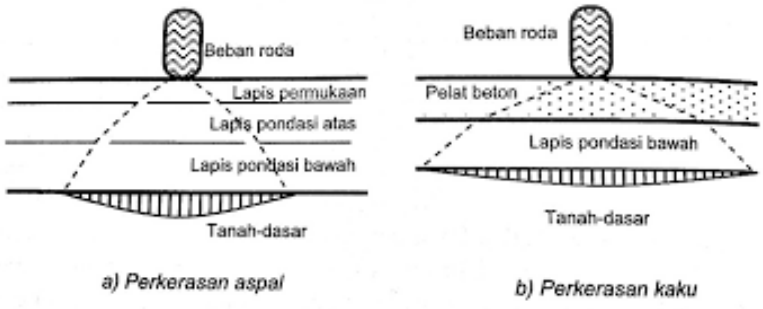
# BAB III
# LANDASAN TEORI

## 3.1 Pembebanan pada Perkerasan Jalan

Lapisan perkerasan adalah suatu lapisan yang berada di atas tanah dasar yang telah dipersiapkan dengan pemadatan dan berfungsi sebagai pemikul beban diatasnya kemudian disebarkan ke badan jalan (tanah dasar).

Tujuan dalam pembuatan struktur perkerasan jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat dari beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah untuk menyokong beban tersebut.

Ketika kendaraan bergerak, timbul tegangan dinamis akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena ketidakrataan perkerasan, beban angin, dan lain sebagainya. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dalam bentuk pyramid dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan. Makin ke bawah makin kecil beban yang telah terdistribusi, sehingga lapis tanah dasar tidak mengalami *distorsi* ataupun rusak. Untuk lebih jelasnya disajikan dalam Gambar 3.1 di bawah ini.




**Gambar 3. 1 Penyebaran Beban Roda pada Lapis Perkerasan Jalan**

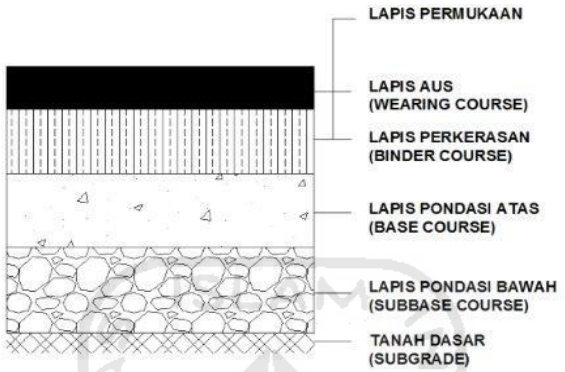
(Sumber : Prasetyo, 2012)

## 3.2 Struktur Perkerasan Jalan

Konstruksi perkerasan lentur merupakan sebuah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan yang ada pada

perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. (Sukirman, 1999).

Fungsi lapisan-lapisan tersebut memiliki beberapa fungsi dan memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda. Pada umumnya perkerasan lentur terdiri dari empat lapisan konstruksi material jalan yang terdiri seperti pada Gambar 3.2.




**Gambar 3. 2 Struktur Lapis Permukaan Jalan**

(Sumber : Sukirman 1999)

### 3.2.1 Lapisan Permukaan *(Surface Course)*

Lapis permukaan merupakan lapisan perkerasan yang berada paling atas, terdiri dari lapis aus (*wearing course*) yang mempunyai fungsi sebagai berikut.

1. Menyediakan permukaan jalan yang aman dan tidak licin (anti selip).
2. Berfungsi sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang makin lama makin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas.
3. Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkannya untuk mengurangi tegangan pada lapisan bawah lapisan jalan.
4. Menyediakan drainase yang baik dari permukaan kedap air, sehingga dapat melindungi sebuah struktur perkerasan jalan dari perubahan cuaca.
5. Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata sehingga nyaman dalam berkendara.

Selain itu, bahan yang digunakan pada lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal juga diperlukan agar lapisan bisa memperoleh sifat kedap air. Disamping itu, bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang

berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan beban untuk lapis permukaan harus mempertimbangkan kegunaan, umur rencana, dan serta penahapan untuk konstruksi agar dapat dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan. Lapis permukaan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan terletak paling atas dan mempunyai beberapa lapisan seperti berikut.

1. Lapis Struktural

   Adalah lapisan yang mendukung dan menyebarkan beban dari kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban berupa gaya vertikal maupun gaya horizontal ataupun gaya geser. Oleh sebab itu untuk memperoleh persyaratan yang diinginkan maka yang dituntut adalah kuat (mampu memikul beban), kaku (lendutan kecil) dan stabil.

2. Lapis Nonstruktural

   Lapis nonstruktural mempunyai fungsi sebagai lapisan aus dan kedap air. Lapis kedap air ini adalah sebagai penahan air untuk masuk ke dalam lapis perkerasan yang ada dibawahnya.

   Syarat-syarat lapis nonstruktural adalah sebagai berikut.

   a. Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar berkendara dapat berjalan dengan baik dan kenyamanan dalam berkendara dapat terpenuhi.
   b. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gesek yang cukup *(skid resistance),* untuk menjamin keamanan dan kenyamanan bagi lalu lintas.

### 3.2.2 Lapisan Pondasi Atas *(Base Course)*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah, yang berfungsi sebagai berikut.

1. Lapis pendukung bagi lapis permukaan perkerasan,
2. Pemikul beban horizontal dan vertikal, dan
3. Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah.

   Bahan-bahan yang terdiri dari lapis pondasi harus cukup kuat dan awet sehingga mampu menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan bahan untuk

digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya yang dilakukan yaitu penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

### 3.2.3 Lapisan Pondasi Bawah *(Subbase Course)*

Lapis pondasi bawah merupakan bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar yang berfungsi sebagai berikut.

1. Lapis pencegah untuk masuknya tanah ke dalam dasar lapis pondasi.
2. Lapis pertama yang merupakan pembuatan perkerasan.
3. Mengurangi tebal lapisan yang berada diatasnya yang lebih mahal.
4. Melindungi lapisan tanah dasar langsung ketika terkena udara.

Lapis pondasi bawah diperlukan sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung antara tanah dasar dengan roda-roda alat berat (terutama pada saat pelaksanaan konstruksi) atau karena kondisi lapangan yang kurang baik sehingga harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

### 3.2.4 Tanah Dasar *(Sub Grade)*

Tanah dasar *(subgrade)* adalah permukaan tanah awal yang baru digali, permukaan tanah galian atau permukaan tanah setelah dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan jalan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat bergantung pada sifat-sifat yang dimiliki oleh tanah dasar dan daya dukung tanah dasar yang di antaranya berfungsi sebagai berikut.

1. Pemberi daya dukung terhadap lapisan di atasnya, dan
2. sebagai tempat perletakan pondasi jalan.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis konstruksi perkerasan yaitu sebagai berikut.

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Fleksible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Disebut lentur karena konstruksi ini mengijinkan terjadinya deformasi terhadap vertikal akibat beban lalu lintas. Fungsi dari lapisan ini untuk memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigit Pavement*) yaitu perkerasan yang

menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat. Disebut kaku karena pelat beton tidak terdefleksi terhadap beban lalu lintas dan didesain untuk umur 40 tahun sebelum dilaksanakan rekonstruksi besar-besaran. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar atau tanpa lapis pondasi bawah.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composit Pavement*) merupakan perkerasan yang mengkombinasikan antara *PC* dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Penyusunan lapisan komposit terdiri dari dua jenis. Perkerasan jenis pertama merupakan penggabungan secara berlapis dengan perkerasan lentur (menggunakan aspal sebagai bahan pengikat) dan perkerasan kaku (menggunakan *PC* sebagai bahan pengikat).

Perkerasan komposit jenis kedua berupa *Asphalt Porous*. *Asphalt Porous* merupakan lapisan awal dari konstruksi perkerasan komposit yang kemudian dilakukan pengisian semen pada pori-porinya.

### 3.3 *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*)

*Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) adalah material yang berasal dari pengerukan lapisan permukaan perkerasan jalan yang lama yang merupakan lapisan jalan yang kasar dengan cara merotavatingnya hingga kedalaman 20 cm (8 inci) untuk dimanfaatkan kembali. Sebagian besar atau keseluruhan dalam konstruksi perkerasan yang baru sebagai material pencampur pada campuran aspal *RAP* agar dapat digunakan kembali karena secara struktur agregat yang terkandung masih dapat berfungsi sebagai campuran dengan agregat baru. (Sumantri dkk, 2014).

Selain itu ada beberapa manfaat dalam penggunaan *RAP* yaitu untuk menghemat energi, menjaga keseimbangan lingkungan, mengurangi biaya kontruksi yang biasanya relatif mahal, dan melindungi agregat dan bahan pengikat pada perkerasan yang sudah lama. Kerusakan yang terjadi pada jalan berupa retak dapat diminimalkan pada penggunaan campuran *RAP* ini.

Pertimbangan dan pilihan yang diperoleh sebagaimana yang dikemukakan di atas, tersirat beberapa keuntungan yang baik dalam daur ulang aspal sebagai berikut.

1. Terjadinya peningkatan terhadap nilai sebuah struktur yang cukup baik.
2. Terjadinya perbaikan (koreksi) dengan lapis permukaan dan pondasi lama yang kurang sempurna.
3. Penyimpangan atau ketidaksempurnaan dalam komposisi campuran dapat terkoreksi.
4. Problem yang dihadapi lebih sedikit.

Secara garis besar metode daur ulang dapat dibedakan menjadi 2, sebagai berikut.

1. Proses, dan
2. tempat alat yang digunakan.

Metode daur ulang berdasarkan dari tempat alat yang ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam yaitu sebagai berikut. (Ambarwati, 2010).

1. Metode daur ulang di tempat *In Place Recycling*

   Pada metode ini yang digunakan *In Place Recycling*. Pemanasan lapisan perkerasan pembongkaran, penggemburan lapisan lama, penambahan bahan baru (agregat, aspal dan bahan peremaja) pencampuran serta perataan yang dilakukan dari satu unit peralatan yang terdiri dari beberapa contoh seperti di bawah ini.

   a. Pamanas lapisan permukaan perkerasan *(Road Preheater).*
   b. Alat pembongkar lapisan perkerasan *( Hot Milling).*
   c. Alat pencampur bahan lama dengan bahan baru *(Pugmill Mixer).*
   d. Alat penghampar *(Paver/Finisher).*
   e. Alat perata dan pemadat *(Compacting Screed).*

2. Metode pendauran ulang *(In Plant Recycling)*

   Pada metode ini material *RAP* merupakan hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk *(milling)* yang diangkut ke *Asphalt Mixing Plant (AMP)* tipe *bach* atau *continus* yang telah dimodifikasi. Di dalam unit pencampuran material *RAP* tersebut dicampur dengan menggunakan material yang baru yaitu agregat, aspal dan bahan peremaja. Campuran tersebut kemudian diangkut ke lokasi pengahamparan dan dihampar dengan menggunakan alat

penghamparan kemudian dipadatkan. Peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan daur ulang *plant mix* antara lain sebagai berikut.

a. Alat penggaruk *(Milling).*
b. Unit pencampuran aspal *(Asphalt Mixing Plant).*
c. *Dump Truck.*
d. Alat penghampar.
e. Alat pemadat.

Pada dasarnya perbaikan lapisan keras dengan metode daur ulang dapat dilaksanakan setelah terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan perkerasan. Dari pemeriksaan awal ini yang diketahui dari metode yang sesuai untuk digunakan dalam teknik daur ulang maupun cara memodifikasi yang harus dilakukan untuk menghasilkan lapis keras daur ulang dengan kuantitas optimal yang telah direncanakan.

*RAP* diperiksa dan dievaluasi untuk mengetahui komposisi material pada sebuah campuran dan mengetahui kualitas dan sifat-sifat yang dimiliki secara garis besar oleh evaluasi bahan ini terbagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut. (Ambarwati, 2010).

1. Evaluasi Campuran Perkerasan Lama

   Pemeriksaan campuran perkerasan yang diperlukan untuk mengetahui komposisi material yang terdapat pada campuran dan untuk mengetahui kualitas campuran perkerasan. Besarnya komposisi yang terdapat pada material agregat dan aspal dalam campuran diperoleh dari sebuah pengujian ekstraksi, dengan demikian kadar aspal dalam campuran dapat diketahui.

2. Evaluasi Agregat

   Evaluasi agregat yang dilakukan setelah pemeriksaan ekstraksi. Agregat yang telah terpisah dari campuran perkerasan jalan yang telah diperiksa untuk menentukan gradasinya. Gradasi agregat ini diperlukan sebagai penentu kombinasi antara agregat yang harus ditambahkan ke dalam campuran kerja. Agregat berfungsi sebagai pendukung utama dari beban yang telah diterima oleh lapisan keras, dengan demikian agregat harus memenuhi persyaratan seperti yang telah diterapkan ke dalam spesifikasi kontruksi. Persyaratan pokok yang

harus dipenuhi oleh batuan yang dipergunakan dalam bahan untuk lapis perkerasan sebagai berikut.

a. Tahan terhadap keausan.
b. Mempunyai kekerasan tertentu agar dapat bertahan dalam penggilasan dan mendukung beban kendaraan.

3. Evaluasi Aspal

Kandungan aspal dalam campuran perkerasan lama yang telah diketahui dari pemeriksaan sebelumnya perlu diperiksa kembali untuk mengetahui beberapa sifat-sifat fisiknya. Selanjutnya dari sifat-sifat tersebut, maka kualitas aspal dan campurannya dapat diketahui. Pemeriksaan yang harus dilakukan untuk pengevaluasian aspal ini yaitu pemeriksaan penetrasi, daktalitas dan titik lembek aspal. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah sebagai parameter seberapa jauh perubahan sifat - sifat fisik yang terjadi pada aspal akibat dari pengaruh sebuah lingkungan dan pembebanan. Aspal tetap bertahan ketika sesuai dengan sifat aslinya apabila komponen-komponennya yang asli masih seimbang, yang artinya adalah apabila kita uji masih menunjukkan kualitas yang sesuai dengan spesifikasinya.

## 3.4 Bahan Peremaja Oli Bekas

Senyawa hidrokarbon dari minyak oli bekas kendaraan yang merupakan suatu limbah buangan berbahaya dan beracun yang merupakan dampak dari penggunaan kendaraan bermotor. Oli merupakan zat kimia yang digunakan pada kendaraan bermotor yang berguna untuk mengurangi keausan pada mesin. Penggunaan utama dari oli yaitu terdapat pada oli mesin. Umumnya pada oli mesin ini terdiri dari 90% minyak dasar *(base oil)* dan 10% zat tambahan. (Dahlan, 2014).

Pada penelitian ini digunakan bahan peremaja yang berupa bahan dari oli bekas, oli bekas ini dapat didefinisikan sebagai minyak limbah atau yang berasal dari jenis-jenis minyak-minyakan yang merupakan minyak bekas pemakaian dari mesin atau kendaraan.

Pemanfaatan limbah dari oli bekas ini dipakai sebagai peremaja untuk bahan *RAP* yang sangat berpengaruh sehingga dapat digunakan kembali seperti pembuatan aspal baru.

Menurut Boentarto (2003), berdasarkan jenis base oilnya minyak pelumas diklasifikasikan menjadi 2 sebagai berikut.

1. Oli mineral, yaitu terbuat dari *crude oil* yang mengandung bahan hidrokarbon dan parafin yang cukup tinggi.
2. Oli sintetis, merupakan hasil dari perpaduan beberapa senyawa kimia. Oli sintetis lebih baik daripada oli mineral karena bisa tahan bekerja pada suhu rendah maupun suhu tinggi.

### 3.5 *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Bahan utama dalam perkerasan lentur *Split Mastic Asphalt* adalah sebuah agregat dan aspal sebagai bahan pengikat dan kemudian ditambahkan dengan serat selulosa yang mempunyai fungsi untuk menstabilkan aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak) dan serat selulosa ini tidak dikategorikan sebagai bahan subtitusi agregat. Perbandingan pemakaian antara agregat dan aspal tergantung kepada kebutuhan dan jenis perkerasan.

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

Dalam menghasilkan perkerasan yang berkualitas baik dan tinggi maka dibutuhkan bahan-bahan yang berkualitas tinggi pula dan harus memenuhi persyaratan yang sudah diijinkan, sehingga bila dicampur harus memperoleh kondisi-kondisi sebagai berikut.

1. Partikel-partikel antar agregatnya selalu terikat satu sama dengan yang lainnya oleh aspal.

2. Rongga-rongga antara agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi oleh udara.
3. Terdapat rongga-rongga antar butir yang terisi oleh udara.
4. Terdapat lapisan aspal yang mempunyai ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang dipergunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

3.5.1 Spesifikasi Teknik (Bina Marga)

Karakteristik dari *Split Mastic Asphalt* adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar dengan ukuran >2 mm dengan jumlah fraksi tinggi antara 70% hingga 80%.
2. *Mastic* aspal berupa campuran agregat halus, *Filler,* aspal dan bahan tambah membentuk lapisan film yang tebal.

3.5.2 Sifat-Sifat *SMA (Split Mastic Asphalt)*

Menurut teori penelitian Sugandono (2001) sifat-sifat yang dimiliki dari *Split Mastic Asphalt* adalah sebagai berikut.

1. Mampu melayani lalu lintas berat
   a. Stabilitas *Marshall* : >750 kg
   b. Kelelehan *(Flow)* : 2-4 mm
2. Tahan terhadap oksidasi
   Lapisan film aspal tebal : >10 u
3. Tahan terhadap deformasi pada suhu yang tinggi
   Nilai stabilitas dinamis : >1500 lintasan/mm
4. Kelenturan
   Koefisien *Marshall* : 190-300 kg/mm.
5. Tahan terhadap cuaca yang panas
   Titik lembek (aspal + serat selulosa) : > 60 C
6. Kedap air
   a. Rongga udara : 3-5%
   b. Indeks perendaman : > 75%
7. Aman untuk lalu lintas
   Nilai kekesatan : 0,6

8. Tingkat keseragaman campuran yang tinggi.
   Kadar agregat kasar : cukup tinggi
   Viskositas aspal : cukup tinggi

Persyaratan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

**Tabel 3. 1 Persyaratan Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11**

| No | Jenis Pemeriksaan | *Split Mastic Asphalt* | |
|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maksimum |
| 1 | Stabilitas (kg) | 670 | - |
| 2 | *Flow* (mm) | 2 | 4 |
| 3 | *Marshall Quotient* (Kn/mm) | 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 Jalan (1999)

## 3.6 Bahan Pendukung Perkerasan lentur

Campuran terhadap aspal baru yaitu untuk perkerasan lentur jalan yang terdiri dari beberapa material seperti agregat kasar,agregat halus, dan dapat ditambahkan *filler* sesuai dengan jenis campuran aspal yang digunakan. Adapun bahan pendukung perkerasan jalan yang dapat digunakan sebagai berikut.

### 3.6.1 Agregat

Agregat adalah bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan. Mutu dari agregat sangat menentukan mutu dari suatu perkerasan yang dihasilkan nanti.

Pengawasan terhadap mutu agregat juga dapat dilakukan dengan cara pengujian di Laboratorium.

Menurut Sukirman (2003) agregat merupakan komponen penyusun perkerasan dengan berat 90-95% total berat perkerasan atau 75-85% volume total perkerasan sehingga peran agregat dalam menciptakan perkerasan ditargetkan sangat berpengaruh.

Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, dan komposisi mineral lainya. baik yang berupa hasil pengolahan (penyaringan dan pemecahan) yang merupakan bahan baku utama konstruksi perkerasan jalan. Pada perkerasan aspal beton yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 95% berat campuran atau 75 - 85% volume campuran. Oleh karena itu perlu diperhatikan dengan baik kualitas agregat yang dipakai, yaitu dengan memperhatikan beberapa sifat-sifat yang dimiliki dari agregat tersebut seperti gradasi, ukuran butir, kebersihan, bentuk, tekstur permukaan, kekuatan dan porositas. Maka diperlukan pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu sendiri.

Menurut proses pengolahannya agregat dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Alam (*Natural Aggregate*)

   Agregat yang dapat diambil langsung oleh alam tanpa adanya proses pengolahan dan dapat langsung dipakai sebagai bahan perkerasan jalan. Agregat alam sangat banyak dipakai sebagai bahan penyusun perkerasan adalah kerikil dan pasir.

2. Agregat dengan Pengolahan

   Agregat yang berasal dari mesin pemecah batu. Pengolahan ini bertujuan untuk memperbaiki gradasi agar menjadi sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan, agar membentuk dengan bentuk yang bersudut dan bertekstur kasar.

3. Agregat Buatan

   Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan, agar mudah pada proses pengerjaannya sehingga dapat digunakan pada konstruksi jalan.

Menurut ukuran agregat dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Kasar (*Coarse Agregate*)

   Adalah Agregat yang tidak lolos saringan 2,36 mm.

2. Agregat Halus (*Fine Agregate*)

   Adalah Agregat yang lolos saringan 2,36 mm dan tertahan saringan No. 200.

3. Bahan pengisi (*Filler)*

   Adalah bagian dari agregat yang lolos saringan No. 200 (<75 µm).

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu mengenai ketentuan agregat kasar dan agregat halus seperti penjelasan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

**Tabel 3. 2 Ketentuan Agregat Kasar**

| Pengujian | | | Standar | Nilai |
|---|---|---|---|---|
| Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan | | Natrium sulfat | SNI 3407:2008 | Maks.12% |
| | | Magnesium sulfat | | 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 | Min.95% |
| Butir Pecah pada Agregat Kasar | | | SNI 7619:2012 | 95/90[*)] |
| Partikel Pipih dan Lonjong | | | *ASTM* D4791 Perbandingan 1:5 | Maks.10% |
| Material lolos Ayakan No.200 | | | SNI 03-4142-1996 | Maks.2% |
| Catatan :<br>*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agrgat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih. | | | | |

Sumber : Bina Marga (2010)

**Tabel 3. 3 Ketentuan Agregat Halus**

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

Sumber : Bina Marga (2010)

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 komposisi yaitu dengan menggunakan agregat segar *(fresh aggregate)* dan *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) mempunyai perbandingan antara 70% agregat segar dengan 25% *RAP*. Komposisi yang dibutuhkan *RAP* adalah 25% tersebut diperoleh dari nilai paling optimum.

3.6.2 Gradasi Agregat

Sifat agregat memberikan pengaruh yang sangat penting terhadap campuran aspal beton. Sifat agregat tersebut antara lain adalah gradasi. Gradasi merupakan pembagian ukuran agregat. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam seperti di bawah ini.

1. Gradasi Seragam *(Uniform Gradation)*

   Merupakan gradasi yang memiliki ukuran butiran yang hampir sama dengan satu sama lain.
2. Gradasi Baik *(Well Gradation)*

   Merupakan suatu agregat yang memiliki ukuran butiran dari besar ke butiran kecil dengan porsi yang hampir seimbang.
3. Gradasi Senjang *(Gap Gradation)*

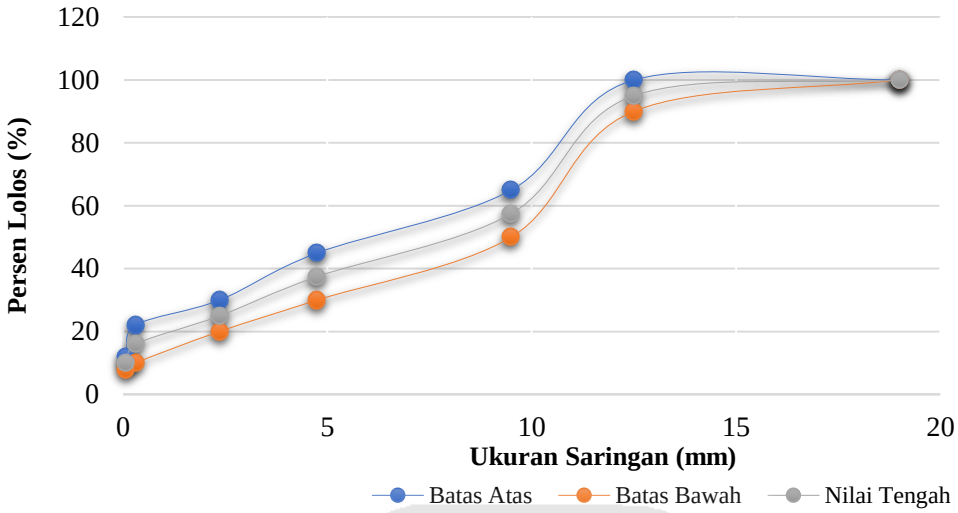
   Merupakan gradasi yang terdiri dari bagian tertentu yang dihilangkan sebagian.

Berikut ini adalah bentuk dari gradasi *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11 pada Tabel 3.4.

**Tabel 3. 4 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11**

| No | Ukuran Saringan | | Spesifikasi Lolos Saringan (%) | |
|---|---|---|---|---|
| | mm | | Range | Ideal |
| 1 | 19 | ¾” | 100 | 100 |
| 2 | 12,5 | ½” | 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 | 10-22 | 15 |
| 8 | 0,075 | No. 200 | 8-12 | 10,5 |

Sumber : Bina Marga (1983)




**Gambar 3. 3 Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11**

Sumber : Bina Marga (1983)

3.6.3 Aspal

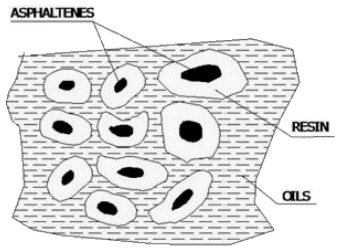
Aspal merupakan unsur yang terbentuk dari *hydrocarbon* yang sangat kompleks, dan sangat sulit untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang juga disebut bitumen. Secara umum aspal yang digunakan saat ini berasal dari proses hasil residu dan destilasi minyak bumi, atau sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa serta garam. Hal ini berarti jika dipergunakan lapisan aspal sebagai bahan pengikat dengan mutu yang baik maka dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain. Di Indonesia pada umumnya jenis aspal yang dipergunakan dalam aspal penetrasi menggunakan 60/70 dan 80/100 (Ambarwati, 2010). Berikut ini adalah ketentuan-ketentuan aspal padat yang pada di lihat pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3. 5 Ketentuan-Ketentuan Aspal Padat**

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

Sumber : Bina Marga (2010)

Aspal memiliki kandungan yang berupa *Asphaltenes, Maltenes, Resin,* dan Minyak lainnya. Proses oksidasi ataupun menguapnya bagian yang cair yaitu *Maltenes* dari aspal dapat menyebabkan berat aspal yang ada dalam campuran beton aspal menjadi berkurang yang berakibat kepada nilai *VFWA* menurun dan nilai *VIM* naik sehingga karakteristiknya menjadi kaku dan daya lekatnya berkurang. Berikut ini adalah komposisi aspal yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.




**Gambar 3. 4 Komposisi Aspal**

(Sumber : Sukirman, 2003)

3.6.4 *Filler*

*Filler* adalah agregat yang lolos saringan no 200, bersifat non plastis. *Filler* bersifat mendukung agregat kasar bersama dengan agregat halus dan binder. *Filler* dapat memperluas bidang kontak yang dapat ditimbulkan butiran, sehingga dapat mengakibatkan ketahanan terhadap gaya geser bertambah.

Syarat umum *filler* adalah sebagai berikut.

1. Lolos saringan no. 200 (75 µm).
2. Bersifat non plastis.
3. Mempunyai spesifik gravity ≥ 2,75.

Macam dari *filler* adalah abu batu, abu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang (*fly ash*), semen portland, kapur padam dan bahan non plastis lainnya. Pada penelitian *filler* ini yang digunakan adalah abu batu.

3.6.5 Bahan Tambah *(Additive)*

Sebagai bahan tambah di dalam sebuah campuran *SMA* adalah serat serabut kelapa dengan kadar yang sudah ditentukan berkisar antara 0,1% - 0,5% terhadap total campuran. Persyaratan yang utama harus dipenuhi serat serabut kelapa sebagai bahan tambah yang menjadi pengganti serat selulosa pada campuran beton aspal panas harus memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu sebagai berikut.

1. Mudah terdistribusi secara merata ke dalam campuran kering beton aspal panas pada temperatur $160 - 170°C$.
2. Dapat dipisahkan ketika kembali dari campuran beton aspal panas.
3. Dengan kadar 0,3% terhadap berat campuran beton aspal panas dengan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek.
4. Tahan terhadap temperatur campuran beton aspal hingga dengan suhu $250°C$ minimal selama waktu pencampuran.

## 3.7 Karakteristik Campuran

Aspal beton merupakan campuran panas yang salah satu jenis lapis perkerasan yaitu sebuah perkerasan lentur (*Flexible Pavement*). Jenis perkerasan ini terdiri dari beberapa campuran agregat dan aspal dengan tanpa adanya bahan

tambah. Kinerja campuran aspal beton ini dapat dilihat dari beberapa pengujian berikut.

### 3.7.1 Tahanan Geser *(Skid Resistant)*

Tahanan geser adalah kemampuan perkerasan dalam memberikan kekesatan terhadap roda kendaran sehingga dapat menghindari terjadinya slip baik pada waktu hujan, basah, ataupun kering. Kekesatan ini dinyatakan dalam koefisien geser antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Faktor geser tinggi jika penggunaaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding.*

### 3.7.2 Kelenturan *(Flexibility)*

Kelenturan adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban kendaraan yang berulang tanpa terjadinya keretakan serta perubahan volume sehingga dapat berdeformasi mengikuti beban kendaraan yang melaluinya. Fleksibiltas kemampuan aspal beton meyesuaikan akibat penurunan dan pergerakan pondasi ataupun tanah dasar tanpa terjadinya keretakan, yaitu dengan cara sebagai berikut.

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

### 3.7.3 Kemudahan Pekerjaan *(Workability)*

Kemudahan pekerjaan adalah kemudahan dalam pelaksanaan pengerjaan penghamparan dan pemadatan campuran perkerasan sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan perencanaan yang dilakukan. Dalam perkerasan jalan lentur parameter yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan yaitu berupa gradasi agregat dan temperatur campuran.

### 3.7.4 Ketahanan Kelelahan *(Fatique Resistance)*

Ketahanan kelelehan adalah ketahanan dari lapisan aspal beton dalam menerima beban yang berulang tanpa terjadinya kelelehan yang berupa alur (*ruting*) dan keretakan. Nilai *VIM* yang tinggi dan kadar aspal yang rendah dapat

mengakibatkan kelelehan yang lebih cepat dan nilai *VMA* yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel. Menurut Sukirman (2003), volumetrik beton aspal dapat diketahui dari beberapa parameter, yaitu volume *bulk (Vmb)*, *VMA*, *VIM*, dan *VFWA*.

1. Berat Jenis *(Spesific Gravity)*

   Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis *bulk* (*dry*), berat jenis *bulk* campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaaan ketiga istilah ini disebabkan karena adanya perbedaan asumsi antara kemampuan agregat menyerap air dan aspal.

   a. Berat jenis *bulk* agregat

      Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula berat jenis *bulk* (*Gsb*) agregat total dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$Gsb = \frac{P1+P2+P3+\cdots+Pn}{\frac{P1}{G1}+\frac{P2}{G2}+\frac{P3}{G3}+\cdots+\frac{Pn}{Gn}} \quad (3.1)$$

      Keterangan :

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

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

      $G_1, G_2, G_n$ : Persen berat jenis masing-masing agregat.

   b. Berat jenis efektif agregat

      Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume dan suhu tertentu pula. Berat jenis efektif agregat (Gse) termasuk ke dalam semua rongga pada partikel kecuali yang diserap oleh aspal dapat dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$Gse = \frac{Pmm-P\beta}{\frac{Pmm}{Gmm}-\frac{Pb}{Gb}} \quad (3.2)$$

Keterangan :

$G_{se}$ : Berat jenis efektif total agregat,

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

$P_{mm}$ : Presentase berat total campuran yang belum padat = 100,

$P_b$ : Kadar aspal, persen berat total dari campuran, dan

$G_b$ : Berat jenis aspal.

c. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk memperhitungkan kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis campuran dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse}+\frac{Pb}{Gb}} \quad (3.3)$$

Keterangan :

$G_{mm}$ : Berat jenis maksimum campuran,

$P_{mm}$ : Persentase barat total campuran yang belum padat = 100,

$P_b$ : Kadar aspal, persen berat total dari campuran,

$P_s$ : Kadar agregat persen terhadap berat total campuran,

$G_{se}$ : Berat jenis efektif agregat, dan

$G_b$ : Berat jenis aspal.

2. *Void In Mineral Agregate (VMA)*

*VMA* merupakan suatu persen rongga udara dengan yang ada diantara partikel agregat di dalam suatu campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan. *VMA* dinyatakan sebagai ruang yang tersedia untuk menampung aspal dan rongga yang diperlukan dalam suatu campuran agregat aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *VMA* antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar), kadar aspal, tekstur agregat dan serapan air oleh agregat. Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.4 dan 3.5 berikut.

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

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

Keterangan :

*l* : Nilai *VMA* (%),

b : Presentase aspal terhadap campuran (%), dan

g : Berat isi sempel (gr/cc).

3. *Void In The Mix (VITM)*

*VITM* merupakan suatu persen rongga udara di dalam total campuran agregat aspal. Karakteristik ketahanan campuran terhadap deformasi plastis sangat erat hubungannya dengan *VITM* (persentase rongga dalam campuran). Bila nilai *VITM* telah memenuhi syarat maka campuran aspal memiliki kemampuan yang menghambat efek deformasi plastis, bila nilainya terlalu tinggi maka menyebabkan campuran menjadi bersifat *porous*, dimana air dan udara sangat mudah sekali untuk masuk ke dalam sehingga mengakibatkan campuran aspal mudah teroksidasi dan terdeformasi plastis. Sebaliknya bila nilainya terlalu rendah maka menimbulkan ketidakstabilan dan terjadi *flow plastis*.

Nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.6 dan 3.7 berikut.

$$n = 100 - (100 - \frac{g}{h}) \quad (3.6)$$

$$h = 100 - \left[\frac{100}{(\frac{\%\ Agregat}{BJ\ Agregat} + \frac{\%\ Aspal}{BJ\ Aspal}}\right] \quad (3.7)$$

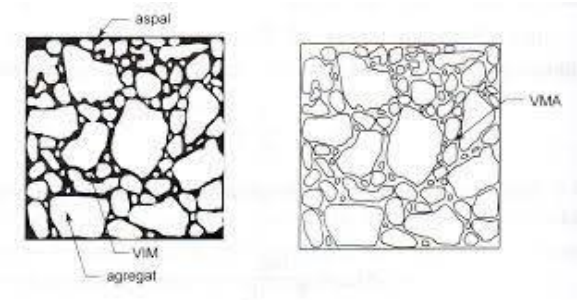
Keterangan :

*n* : Nilai *VITM*,

g : Berat isi sampel (gr/cc), dan

h : Berat jenis maksimum teoritis campuran.

Untuk *VMA* dan *VITM* dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut.




**Gambar 3. 5 *VIM dan VMA***

(Sumber : Sukiman, 2003)

4. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*VFWA* merupakan persen rongga yang terisi dengan aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi contohnya adalah jumlah dan temperatur pemadatan, distribusi target gradasi agregat dan kadar aspal serta absorbsi agregat. Nilai *VFWA* ini berpengaruh terhadap sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran, sehingga menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai *VFWA* yang terlalu tinggi menyebabkan *bleeding* dan apabila terlalu rendah dapat menimbulkan campuran menjadi *porous* (tidak kedap air dan udara) karena lapisan film aspal tipis sehingga mudah retak jika terjadi adanya pembebanan berat. Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.8 sampai 3.12 berikut.

a. Presentase aspal terhadap campuran

$$h = \frac{a}{100+a} \times 100 \tag{3.8}$$

Keterangan :

a : Persentase aspal terhadap batuan, dan

b : Persentase aspal terhadap campuran.

b. Presentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \tag{3.9}$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ\ Aspal} \tag{3.10}$$

$$l = 100 - j \tag{3.11}$$

$$j = \frac{(100-b)\times g}{BJ\ Agregat} \quad (3.12)$$

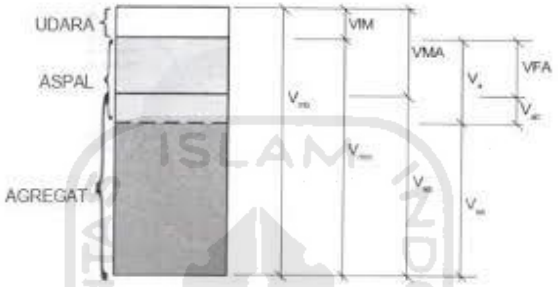
Keterangan :

*m* : *VFWA* (%),

g : Berat isi sampel(gr/cc), dan

b : Persentase aspal terhadap campuran.

Untuk *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.




**Gambar 3. 6 *VFWA***
(Sumber : Sukiman, 2003)

3.7.5 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja, tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* dinyatakan dalam satuan kg atau *lb*. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall.* Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan penggunaan agregat dengan gradasi yang rapat, agregat dengan permukaan kasar dan aspal dalam jumlah yang cukup. Nilai stabilitas terkoreksi di hitung dengan Persamaan 3.13.

$$S = q \times C \times k \times 0{,}454 \quad (3.13)$$

Keterangan :

S : Nilai stabilitas terkoreksi (kg),

*q* : Pembacaan stabilitas pada dial alat *Marshall* (*lb*),

k : Faktor kalibrasi alat,

C : Angka koreksi ketebalan,dan

0,454 : Konversi beban dari *lb* ke kg.

3.7.6 Keawetan *(Durability)*

Keawetan adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan yang terjadi pada aspal, kehancuran agregat, dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan yang terjadi dengan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas suatu perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Selimut aspal dapat menghasilkan lapisan aspal beton yang memiliki durabilitas tinggi, tetapi memungkinkan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.
2. Nilai *VIM* kecil sehingga lapisan kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas.
3. Nilai *VMA* besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika nilai *VMA* dan *VIM* kecil dan kadar aspal tinggi memungkinkan terjadinya *bleeding* besar. Nilai *VMA* yang besar ini menggunakan agregat bergradasi senjang.

Durabilitas dapat diperoleh melalui proses perendaman pada aspal untuk mengetahui pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal. Adapun perhitungan nilai indeks stabilitas sisa *(IRS)* dapat dilihat pada Persamaan 3.14 berikut.

$$IRS = \frac{MSi}{MSs}\ x\ 100 \qquad (3.14)$$

Keterangan :

*IRS* : Indekas stabilitas sisa (%),

*MSi* : Stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) ( Kg), dan

*MSs* : Stabilitas *Marshall* standar ($^1/_2$ jam) (Kg).

3.7.7 *Marshall Quotient*

Merupakan perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*Flow*) dan dinyatakan dalam kg/mm. Nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan kekakuan lapis suatu perkerasan yang tinggi dan dapat mengakibatkan retak-retak pada permukaan

perkerasan tersebut, sedangkan nilai *MQ* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban kendaraan. Adapun perhitungan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Persamaan 3.15 berikut.

$$MQ = \frac{S}{F} \tag{3.15}$$

Keterangan :

*MQ* : *Marshall Quotient* (kg/mm),

S : Nilai stabilitas terkoreksi (kg),dan

*F* : Nilai *Flow* (mm).

### 3.8 Kuat Tarik Tak Langsung *Indirect Tensile Strength* (*ITS*)

*ITS* merupakan salah satu metode pengujian yang bertujuan sebagai parameter untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal. Pada penerapannya di lapangan, nilai *ITS* ini digunakan sebagaimana untuk memperkirakan keretakan akibat kegagalan gaya tarik, sehingga dapat mempermudah dalam proses mengevaluasi potensi retakan yang terjadi pada campuran aspal.

Pengujian *ITS* dilakukan dengan cara membebani sebuah benda uji silinder dengan sebuah beban (dial) diletakkan di atasnya yang bekerja dengan sejajar dan sepanjang bidang vertikal. Pembebanan ini menghasilkan kuat tarik yang relatif merata di sepanjang diameter bidang vertikal, yang mana menyebabkan silinder mengalami kerusakan yaitu terjadinya keretakan sepanjang diameter vertikal.

Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.16 berikut.

$$ITS = \frac{P\ runtuh}{h} \times Ao \tag{3.16}$$

Keterangan :

*ITS* : Kuat tarik tidak langsung (kg/cm$^2$),

*P*runtuh : Beban puncak (kg),

h : Tinggi sampel (cm), dan

*Ao* : Kostanta (tabel Ao terlampir pada lampiran).

3.8.1 Kuat Tarik Tak Langsung yang Dihasilkan dari Variasi Perendaman (*Tensile Strength Ratio*)

Pengujian tarik tak langsung yang dihasilkan dari variasi perendaman ataupun yang disebut *Tensile Strength Ratio* (*TSR*) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai dari gaya tarik dari campuran aspal beton yang telah direndam dengan menggunakan variasi perendeman tertentu. Nilai *TSR* dapat menggambarkan perkiraan kerentanan campuran terhadap air. Potensi kerusakan terhadap air diindikasikan dengan perbandingan antara nilai *ITS condition* (perendaman) dengan *uncondition* (tanpa perendaman). Adapun perhitungan dari *TSR* dapat dilihat pada Persamaan 3.17 berikut.

$$TSR = \frac{ITS\ Condition}{ITS\ Uncondition} \tag{3.17}$$

Keterangan :

*TSR* : Rasio kuat tarik tidak langsung,

*ITS uncondition* : Kuat tarik tidak langsung dengan rendaman,

*ITS condition* : Kuat tarik tidak langsung standar.

## 3.9 *Immersion Test*

*Immersion Test* adalah suatu pengujian yang bertujuan sebagai acuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat dari pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pada *Immersion Test* perendaman benda uji yang dilakukan dengan 2 kondisi berbeda dalam *waterbath* pada suhu 60$^o$ C selama 30 menit (stabilitas standar) dan direndam pada suhu yang sudah ditetapkan 60$^o$ C selama 24 jam (stabilitas rendaman). Dan pada rendaman 60$^o$ C selama 48 jam.

Pada pengujian *Immersion Test* ditemui istilah *Index of Retained Strength (IRS),* yang dimana *IRS* tersebut merupakan sebagai nilai stabilitas *Marshall* sisa sebagai pengukur daya tahan terhadap pengerusakan oleh air. Nilai *Index of*

*Retained Sterngth (IRS)* yang dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.18 dan 3.19 berikut.

$$\textit{Index of retained strength}\ \ 1 = \frac{S2}{S1} \text{ x } 100\% \qquad (3.18)$$

$$\textit{Index of retained strength}\ \ 2 = \frac{S3}{S1} \text{ x } 100\% \qquad (3.19)$$

Keterangan :

$S_1$ : Stabilitas setelah direndam selama 30 menit

$S_2$ : Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

$S_3$ : Stabilitas setelah direndam selama 48 jam

3.9.1 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama diperoleh dengan menggunakan sebuah Persamaan 3.20 berikut.

$$\text{IDP (r)} = \sum_{1=0}^{n-1} \frac{S_i-(Si+1)}{(t_1+1)-1} \times 100 \qquad (3.20)$$

Keterangan :

r : Indeks penurunan stabilitas (%)

Si : Persentase kekuatan sisa pada waktu ti (%)

Si+1 : Persentase kekuatan sisa pada waktu ti+1 (%)

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

Nilai r yang bernilai positif mengindikasikan dari kehilangan kekuatan, sedangkan nilai r yang bernilai negatif mengindikasikan bahwa adanya peroleh kekuatan.

3.9.2 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK diperoleh melalui perhitungan yang menggunakan sebuah persamaan yang dapat dilihat pada Persamaan 3.21 berikut.

$$\text{IDK (a)} = \frac{1}{2tn} \sum_{1=0}^{n-1} \big(Si - (Si+1)\big)[2tn - (ti + (ti+1))] \qquad (3.21)$$

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 ti+1 (%)

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

Indeks durabilitas ini menggambarkan bahwa kehilangan kekuatan satu hari. Nilai a yang benilai positif mengindikasikan bahwa adanya kehilangan kekuatan, sedangkan nilai a yang bernilai negatif menggambarkan adanya pertambahan kekuatan yang berdasarkan definisi tersebut, maka nilai a < 100. Oleh karena itu, memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase dari ekuivalen kekuatan sisa satu hari (Sa). Dapat dihitung dengan Persamaan 3.22 berikut.

$$Sa = (100 - a) \quad (3.22)$$

Keterangan :

Sa : Kekuatan Sisa Rerata Satu Hari (%)

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan dalam (kg) pada Perasamaan 3.23 dan 3.24 sebagai berikut.

$$A = a/100 \times So \quad (3.23)$$

$$SA = (So - A) \quad (3.24)$$

### 3.10 *CantabroTest*

*Cantabro Test* merupakan suatu pengujian yang bertujuan sebagai parameter untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap keausan perkerasan. Pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles* dengan kondisi benda uji yang sudah dipadatkan kedua sisinya sebanyak 2x75 tumbukan. Kemudian benda uji diletakkan ke dalam drum *Los Angeles* tanpa ada bola dan diputar sebanyak 300 putaran.

Nilai *Cantabro Test* dapat diperoleh dari Persamaan 3.25 berikut.

$$L = \frac{Mo - Mi}{Mo} \times 100\% \quad (3.25)$$

Keterangan :

Mo : Berat sebelum diabrasi (gr),

Mi : Berat setelah diabrasi (gr), dan

L : Persentase kehilangan berat (%)

# BAB IV
# METODE PENELITIAN

## 4.1 Metode Penelitian

Penelitian ini adalah sebuah penelitian eksperimen yaitu penelitian dengan melakukan beberapa percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, dan berdasarkan dari kaidah-kadiah ilmiah dengan prosedur yang sistematis melalui sebuah pembuktian ilmiah yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Data yang diperoleh dari beberapa pengujian ini menggunakan alat uji untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk menganalisis hasil dari penelitian. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), SMA (Split Mastic Asphalt),* bahan agregat, *filler*, dan aspal. Serabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Kabupaten Gunung Kidul di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan aspal *AC* 60/70 penelitian ini memakai standar dan spesifikasi yang menjadi pedoman untuk penelitian yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

## 4.2 Metode Pengambilan Data

Pada penelitian ini jenis metode pengambilan data primer dilakukan pengujian menggunakan benda uji dan data sekeunder diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya. Benda uji yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu benda uji yang diambil berdasarkan tujuan penelitian sesuai dengan kriteria tertentu. Untuk memudahkannya pengambilan data maka dilakukan pengkelompokan benda uji dan diperoleh berupa nilai stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *ITS* dan *IRS*, *TSR*, IDP, IDK, dan nilai pengujian *Cantabro.*

## 4.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini material yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah agregat bergradasi *Split Mastic Asphalt* ( *SMA*) 0/11 dan aspal Pertamina Pen 60/70 sedangkan serat selulosa yang digunakan berupa serat serabut kelapa.

Material yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan material untuk mengetahui kelayakan material tersebut telah sesuai dengan spesfikasi atau standar yang telah ditentukan. Pemeriksaan ini berpedoman pada SNI, *ASTM* dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada sebuah penelitian ini dijelaskan seperti sebagai berikut.

1. Tahapan Persiapan

   Tahapan ini merupakan suatu proses rangkaian untuk menyiapkan bahan dan alat yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji yang dilaksanakan untuk penelitian Tugas Akhir.

2. Tahapan Pengujian Benda Uji

   Tahapan ini merupakan sebuah rangkaian dalam sebuah pengujian yang telah ditentukan pada perencanaan awal dan harus sesuai dengan prosedur pengujian yang menggunakan alat pengujian yang sudah terkalibrasi untuk memperoleh hasil yang valid pada pengujian ini.

3. Tahapan Pengumpulan Data

   Tahapan ini adalah tahapan dimana merupakan sebuah proses rangkaian untuk mengumpulkan data hasil dari setiap pengujian benda uji yang telah diperoleh dari pengujian yang dilakukan.

4. Tahapan Analisis Data

   Tahapan analisis data ini adalah proses rangkaian untuk mengolah dan menganalisis sebuah data yang telah dikumpulkan dalam penelitian sebelumnya. Hasil analisis data yang telah diperoleh lalu dibandingkan sesuai dengan standar dan syarat-syarat yang telah ditetapkan dari peraturan Standar Nasional Indonesia ataupun Bina Marga.

5. Tahapan Kesimpulan

   Tahapan kesimpulan ini adalah sebuah proses dalam penyimpulan hasil penelitian dengan perbandingan yang telah diperoleh dalam penelitian, dan hasil dari perbandingan tersebut bersifat final dalam penelitian ini.

## 4.4 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam sebuah penelitian ini terdapat beberapa langkah-langkah pada pengujian ini serta menentukan nilai kadar aspal untuk memperoleh hasil rancangan yang telah memenuhi standar dan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan.

### 4.4.1 Pengujian Agregat

Pengujian agregat ini merupakan sebuah langkah awal untuk penelitian pada penelitian perkerasan, yang dimana langkah ini diketahui apakah agregat yang digunakan sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) atapun yang tidak memenuhi. Sehingga langkah-langkah pada pengujian ini mengacu pada agregat yang digunakan baik itu agregat halus maupun agregat kasar yang telebih dahulu harus diuji secara teliti. Berikut ini merupakan pengujian-pengujian yang dilakukan pada agregat.

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

   Tujuan dari pengujian berat jenis ini untuk mengetahui tingkat persentase dari penyerapan air pada agregat kasar.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2008)

   Tujuan dari pengujian berat jenis ini untuk mengetahui tingkat persentase dari penyerapan air pada agregat halus.
3. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (SNI 06-2439-1991)

   Tujuan dari pengujian ini sebagai parameter untuk menenetukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.
4. Pengujian analisa saringan

   Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui ukuran saringan beserta spesifikasi (batas atas dan batas bawah) yang memperoleh pembagian dari butir gradasi agregat kasar dan halus.
5. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423:2008)

   Tujuan dari pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu maupun lumpur yang terkandung di dalam agregat halus.

6. Pengujian keausan agregat (SNI-2417:2008)

   Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui angka keausan yang telah dinyatakan dalam perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam hitungan persen.

### 4.4.2 Pengujian Aspal

Pengujian aspal sama halnya dengan pengujian pada agregat. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat pada suatu agregat, sehingga diperoleh dari pengujian aspal yang sangat diperlukan untuk mengetahui apakah aspal tersebut bisa digunakan yang telah memenuhi standar yang sudah ditetapkan sebagai bahan campuran dalam suatu perkerasan jalan.

Berikut ini merupakan pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap aspal yang mengacu pada standar dan spesifikasi Bina Marga 2010. Adapun tahapan dijelaskan pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4. 1 Standar Pengujian Aspal Pen 60/70**

| Jenis Penelitian | Metode Penelitian | Aspal Pen 60/70 |
|---|---|---|
| Berat Jenis | SNI 06-2441-1991 | ≥ 1,0 |
| Penetrasi pada 25ºC (0,1 mm) | SNI 06-2456-1991 | 60 - 70 |
| Titik Lembek (ºC) | SNI 06-2434-1991 | ≥ 48 |
| Daktilitas pada 25ºC (cm) | SNI 06-2432-1991 | ≥ 100 |
| Titik Nyala (ºC) | SNI 06-2433-1991 | ≥ 232 |
| Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (%) | SNI 06-2438-1991 | ≥ 99 |

Sumber : Bina Marga (2010)

### 4.4.3 Pengujian *Filler*

Pengujian *filler* mempunyai tujuan sebagai acuan untuk mengetahui kelayakan *filler* yang digunakan yang telah memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga 2010. Adapun syarat gradasi dari *filler* tersebut bisa dilihat pada penjelasan Tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4. 2 Syarat Gradasi *Filler***

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

Sumber : Bina Marga (2010)

4.4.4 Pengujian Bahan *RAP*

Setelah memperoleh material *RAP* yang diperoleh dari daerah Jalan Wates Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta, kemudian diekstraksi terlebih dahulu untuk dilanjutkan dengan melakukan sebuah pengujian dengan melakukan pengujian penetrasi dan titik lembek.

4.4.5 Kadar Pengujian Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa merupakan alat pengganti serat selulosa yang digunakan dalam penelitian ini yang merupakan helaian benang-benang yang dihasilkan dari pohon aren atau kelapa yang telah berumur lebih kurang dari 10 tahun.

Sifat-sifat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berwarna kecoklatan.
2. Berdiameter <0,5 cm.
3. Bersifat kaku.
4. Bersifat ulet.
5. Sangat tahan terhadap genangan air yang asam termasuk air laut.

## 4.5 Persiapan Alat

Peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan yang sudah tersedia di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang dimana peralatan ini meliputi alat pengujian nilai stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *ITS*, *IRS*, dan nilai pengujian *Cantabro Loss*. Berikut ini merupakan penjelasan dari alat yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Alat Uji *Marshall*

Peralatan yang digunakan dalam sebuah penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Mesin *Marshall Test*, terdiri dari kepala dengan penekan yang berkapasitas 2500 Kg, cincin pengunci, dengan dial yang ditekan untuk pembaca stabilitas, dan dial sebagai pengukur kelelehan *(Flow).*
b. Bak perendam *(waterbath)* dengan kedalaman dan temperatur yang sudah ditetapkan yaitu dengan kedalaman 150 mm dan temperatur $60°C \pm 1°C$.

2. Peralatan untuk Perendaman *(Immersion)*
   a. Simulasi yang dilakukan diperendaman ini menggunakan air rob dengan menggunakan bak yang berisikan air dengan suhu ruangan.
   b. Pengujian *Marshall* standar dengan menggunakan *waterbath* dengan suhu yang sudah ditentukan yaitu $60°C$ selama 30 menit.
   c. Pengujian *IRS* menggunakan sebuah *waterbath* yang sudah ditetapkan suhunya yaitu $60°C$ selama 24 jam.
3. Alat Uji Tarik Tak Langsung *(Indirect Tensile Strength Test)*

   Adapun komponen yang terdapat dalam alat *ITS* ini.
   a. Satu pasang alat sebagai penekan benda uji yang berbentuk lengkung dengan lebar 13 mm (0,5 inci).
   b. Dial yang berfungsi sebagai alat pengukur untuk perubahan ke arah vertikal.
   c. Satu pasang dial yang berfungsi sebagai pengukur untuk perubahan ke arah horizontal.
4. Alat Uji *Cantabro Test*

   *Cantabro Test* menggunakan alat abrasi *Los Angeles* tanpa adanya bola baja dan alat timbang yang mempunyai ketelitian hingga 0,1 Gram.

### 4.6 Perencanaan Campuran

Material yang digunakan dalam sebuah penelitian ini terdiri dari suatu campuran yang memiliki komponen-komponen agregat yang merupakan komponen terbesar dalam campuran dan bahan pengikatnya adalah aspal dan agregat dimana proses pencampurannya melalui pemanasan. Setelah material dilakukan pengujian, selanjutnya agregat kemudian disaring menggunakan saringan yang telah ditentukan guna untuk mengetahui jenis agregat yang

dimasukkan ke dalam campuran. Rencana agregat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*.

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

$$P_b = 0{,}035 \text{ x } (\%CA) + 0{,}045 \text{ x } (\% FA) + (0{,}18 \text{ x} \% FF) + 1 \quad (4.1)$$

Keterangan :

$P_b$ : 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) +0,6

= 0,035 x (40%) + 0,045 x ( 60%) + 0,18 x (3%) + 0,6

= 5,64%

Dari hasil perhitungan diperoleh dari kadar optimum perkiraan adalah 5,64% sehingga kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%, 6%, 6,5%, % dan 7,5% terhadap berat total campuran. Material pada penelitian ini berupa *RAP* yang digunakan sebesar 25% dan 75% material baru yang terdiri dari aspal Pen 60/70 serta agregat kasar dan halus. Kadar bahan peremaja yang digunakan pada penelitian ini adalah 0%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat aspal lama pada KAO dan kadar serat selulosa serabut kelapa yang digunakan adalah 0,3% dari berat benda uji. Adapun kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai dengan Tabel 4.8 berikut.

Sebelum dilakukan pencampuran antara material maka perlu dilakukan penentuan gradasi pada campuran. Metode yang digunakan dalam penentuan gradasi campuran ini yaitu berupa gradasi *by sieve* (berdasarkan ukuran saringan ataupun penimbangan). Spesfikasi rencana gradasi agregat yang digunakan pada sebuah campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

**Tabel 4. 3 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)

1. Rancangan Kebutuhan Agregat untuk Mencari KAO

   Perhitungan rancangan kebutuhan agregat untuk memenentukan KAO dihitung berdasarkan gradasi jenis campuran yang digunakan pada penelitian ini. Persentase penggunaaan bahan *RAP* dari berat total campuran penelitian ini yaitu sebesar 25% dari berat total campuran, sedangkan pada rencana kadar aspal yang digunakan yaitu sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, 5% dari total berat campuran yang terdiri dari aspal lama dan aspal baru. Kadar serat selulosa yang dipakai pada penelitian ini yaitu sebesar 0,3 % dari berat aspal. Berikut adalah kebutuhan dari agregat untuk mencari KAO pada tiap kadar aspal yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.4 sampai Tabel 4.8 sebagai berikut.

**Tabel 4. 4 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 | | | | 300,00 | 847,69 | 1147,69 |

**Tabel 4. 5 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 | | | | 300,00 | 841,69 | 1141,69 |

**Tabel 4. 6 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 | | | | 300,00 | 835,69 | 1135,69 |

**Tabel 4. 7 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 | | | | 300,00 | 829,69 | 1129,69 |

**Tabel 4. 8 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 | | | | 300,00 | 823,69 | 1123,69 |

Pada penelitian ini tiap variabel dilakukan pengulangan sebanyak 3 buah benda uji. Adapun rekapitulasi dari kadar peremaja yang digunakan serta total kebutuhan benda uji untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut.

**Tabel 4. 9 Jumlah Benda Uji Pengujian 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 yang perlu dilakukan adalah perhitungan rancangan *Mix Design* untuk menentukan berapa takaran kebutuhan dari agregat ataupun material yang digunakan setelah memperoleh hasil dari nilai KAO. Dari data awal yang telah diperoleh berupa uji karakteristik material dan kadar aspal pada setiap variasi kadar peremaja, maka diperoleh kebutuhan material untuk pembuatan sebuah benda uji. Hasil perhitungan kebutuhan material dan rekapitulasi jumlah dari kebutuhan agregat yang digunakan untuk pembuatan campuran *SMA* yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 sampai Tabel 4.14 sebagai berikut.

**Tabel 4. 10 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. 11 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. 12 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. 13 Jumlah 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. 14 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 dari rancangan tersebut dapat diperoleh kebutuhan agregat setelah KAO yang digunakan pada persentase untuk material baru yaitu sebesar 75% dan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) sebesar 25%, sedangkan pada variasi kadar peremaja berupa oli bekas kendaraan bermotor yaitu digunakan

kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 5%. Setelah semua material telah dipersipakan maka dilanjutkan pembuatan dari benda uji serta dilakukan pengujian karakteristik *Marshall*, *Immersion Test*, *ITS*, dan *Cantabro Loss*. Berikut adalah rekapitulasi jumlah dari kebutuhan benda uji pada KAO untuk setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.15

**Tabel 4. 15 Jumlah Benda Uji pada KAO dengan Variasi Pengujian 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 hasil yang telah dirancang dari kadar bahan *RAP*, kadar aspal, dan kadar peremaja jumlah benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 75 benda uji untuk pengujian Kadar Aspal Optimum dan 90 benda uji untuk setiap pengujian termasuk lama rendaman setelah memperoleh nilai KAO campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11. Total benda uji yang dibuat adalah 165 benda uji.

## 4.7 Pengujian Penelitian

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui beberapa langkah-langkah yang dilakukan pada saat melakukan penelitian, pengujian penelitian ini juga dimaksudkan sebagai acuan dalam mengambil langkah-langkah pada saat penelitian yang telah dilaksanakan.

### 4.7.1 Pengujian *Marshall*

Langkah-langkah dari pengujian *Marshall* seperti yang dijelaskan sebagai

berikut.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dan ditiriskan dari rendaman air suling.
2. Melakukan penimbangan dengan benda uji yang berada dalam air, lalu benda uji dikeluarkan dari bak yang berisi air dan dikeringkan permukaannya sehingga benda uji tersebut dalam keadaan yang kering pada permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
3. Melakukan penimbangan untuk benda uji yang berada dalam keadaan kering permukaan jenuh.
4. Benda uji direndam dalam sebuah bak atau yang sering disebut *(waterbath)* pada suhu $\pm 60°C$ selama 30 menit.
5. Mengeluarkan benda uji yang berada di dalam bak, lalu melakukan pengujian yaitu uji tekan *Marshall*. Benda uji diletakkan pada segmen bawah dan kepala penekan. Segmen atas dipasang di atas benda pengujian, dan diletakkan secara keseluruhan pada alat uji *Marshall*.
6. Kepala penekan beserta benda uji yang telah dinaikkan hingga menyentuh alas cincin pengujian *(proving ring)*, kemudian diatur dalam kedudukan jarum dial yang ditekan pada posisi nol dan dial *flowmeter* pada angka nol.
7. Penekan dimulai dengan memberikan pembebanan yang maksimum dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, ditandainya dengan adanya jarum dial tekan yang berhenti berbalik arah. Mencatat pembacaan dial tekan (angka stabilitas) dan pada saat itu dilakukan pembacaan jarum dial kelelehan.
8. Benda uji yang lainnya pun juga dilakukan pengujian dengan cara yang sama.
9. Menganalisis dan membuat pembahasan untuk pengujian *Marshall*.

### 4.7.2 Pengujian Perendaman *(Immersion Test)*

Perbedaan dalam pengujian *Marshall* dengan pengujian perendaman ini ialah pada lama perendaman di dalam *waterbath*, yaitu dalam waktu 24 jam. Adapun langkah-langkah pada pengujian *Immersion Test* ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Merendam benda uji yang sudah diangkat dan ditiriskan dari rendaman air suling yang berada pada waktu 24 jam pada suhu ruang, agar benda uji dalam keadaan yang jenuh air.

2. Menimbang benda uji dalam keadaan yang jenuh air.
3. Mengeringkan benda uji dengan cara menggunakan lap untuk mengeringkannya, lalu benda uji ditimbang di dalam air.
4. Merendam benda uji yang berada di dalam *waterbath* dengan suhu yang sudah ditetapkan $60°C$ selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian yaitu pengujian *Marshall*.
6. Menganalisis hasil dari pengujian dan membuat pembahasan pengujian.

4.7.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (*ITS*)

Langkah-langkah dari pengujian *ITS* seperti yang dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Meletakkan benda uji yang sudah diangkat dari dalam perendaman air suling pada alat uji.
2. Memperoleh nilai dari hasil dial pengujian.
3. Menganalisis hasil pengujian dan membuat pembahasan pengujian.

4.7.4 Pengujian *Indirect Retained Strength* (*IRS*)

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

1. Menyiapkan benda uji yang telah melalui tahapan dari perendaman dalam air pada suhu 60 ± 1 $^{o}$C dengan durasi waktu pada 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 penelitian.

4.7.5 Pengujian *Cantabro*

Langkah-langkah dari pengujian *Cantabro* seperti yang dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Meletakkan benda uji yang sudah diangkat dari dalam perendaman air suling ke dalam benda uji *Los Angeles* tanpa adanya bola baja didalamnya.
2. Memperoleh nilai dari hasil pengujian *Cantabro*.

3. Menganalisis hasil pengujian dan membuat pembahasan pengujian.

### 4.8 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan setelah melakukan pengujian pada benda uji tersebut dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Analisis Karakteristik Pengujian *Marshall*

   Dari pengujian *Marshall* diperoleh data seperti berikut.

   a. Berat benda uji sebelum dilakukan perendaman (gram),
   b. Berat benda uji yang berada dalam air (gram),
   c. Berat benda uji yang dalam keadaan jenuh,
   d. Tebal benda uji,
   e. Pembacaan dial stabilitas (Kg), dan
   f. Pembacaan dial kelelehan (mm).

   Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung dengan metode persamaan seperti berikut.

a. Berat jenis Aspal

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

Keterangan :

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

b. Berat jenis Agregat

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

Keterangan :

A : Presentase dari agregat kasar,
B : Presentase dari agregat halus,
F1 : Berat jenis dari agregat kasar,dan

F1 : Berat jenis dari agregat halus.

c. Berat jenis *bulk* agregat dan Berat jenis efektif agregat 3.1 dan 3.2
d. Berat jenis maksimum campuran menggunakan persamaan dari 3.3.
e. *VMA, VITM,* dan *VFWA* menggunakan persamaan dari 3.4 dan 3.12.
f. Nilai stabilitas menggunakan persamaan dari 3.13.
g. Keawetan (*Durability*) 3.14.
h. *MQ* menggunakan persamaan dari 3.15.
i. Pengujian *ITS* menggunakan persamaan dari 3.16.
j. *Tensile Strength Ratio* menggunakan persamaan 3.17.
k. *Immersion Test* menggunakan persamaan dari 3.18 dan 3.19.
l. Indeks Durabilitas Pertama 3.20.
m. Indeks Durabilitas Kedua 3.21 sampai 3.24.
n. Pengujian *Cantabro* menggunakan persamaan dari 3.25.

2. Analisis Statistik

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

a. Merumuskan Hipotesis ($H_o$) dan hipotesis alternative ($H_1$ )

   Uji hipotesis ini betujuan sebagai acuan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing faktor variabel.

   $H_o$ : $\mu 1 = \mu 2 = \ldots\ldots = \mu k$

   H1 : $\mu 1 \neq \mu 2 = \ldots\ldots \neq \mu k$

b. Menentukan nilai dari $\propto$ atau tingkat dari signifikan.
c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan.
d. Penggunaan dalam tabel distribusi F

   Nilai F tabel bergantung dari nilai $\propto$ dan df.

e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

Daerah penolakan dan penerimaan yaitu batasan dari nilai $\propto$ dan nilai F-hitung.

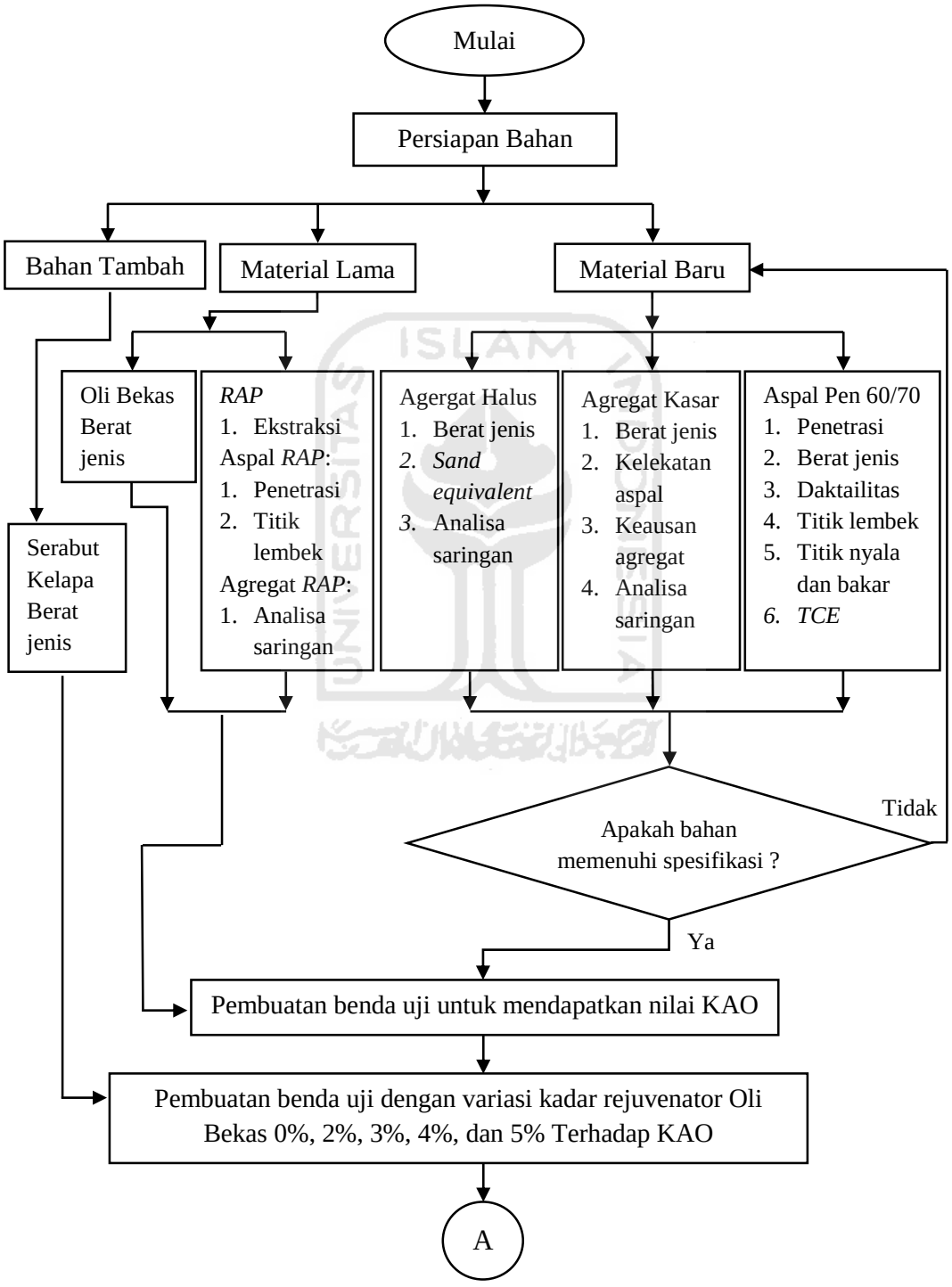
f. Perumusan keputusan $H_o$ dan $H_1$

$H_o$ : Tidak adanya perbedaan secara signifikan antara pengaruh kadar peremaja oli bekas pakai terhadap karakteristik campuran *SMA* 12,5 mm.

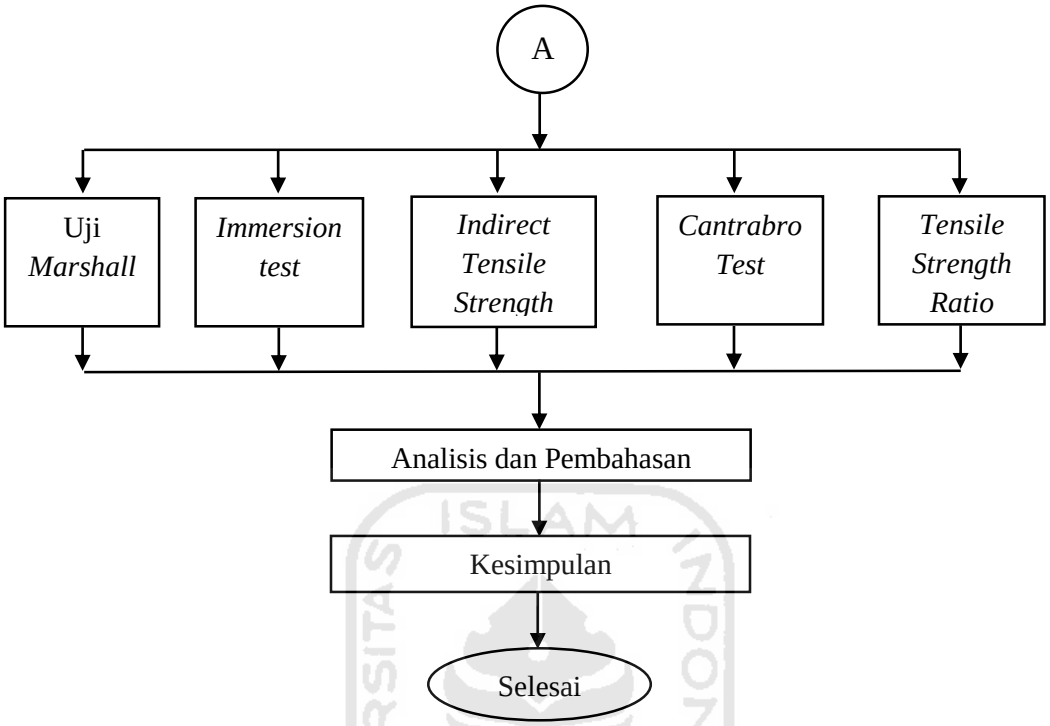
$H_1$ : Ada perbedaan secara signifikan antara pengaruh peremaja dengan oli bekas pakai terhadap karakteristik campuran *SMA* 12,5 mm.

## 4.9 Bagan Alir Metode Penelitian

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



**Gambar 4.1 Lanjutan Bagan Air Metode Penelitian**




**Gambar 4. 1 Bagan Alir Metode Penelitian**

## 4.10 *Time Schedule*

*Time Schedule* penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut.

**Tabel 4. 16 *Time Schedule* Penelitian**

| Bulan | | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minggu Ke | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| NO | Tahapan Kegiatan | Detail Kegiatan | Jam | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Persiapan | Persiapan Material | 12 | 8 | 4 | | | | | | | | | | |
| | | Perizinan Laboratorium | 1 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | | Pengecekan Alat | 1 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | | Pembuatan Form Pengujian | 1 | | 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | Pemeriksaan Bahan | Pemeriksaan *RAP* | 5 | | | 5 | | | | | | | | | |
| | | Pemeriksaan serat serabut kelapa | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| | | Pemeriksaan Agregat | 6 | | | 6 | | | | | | | | | |
| | | Pemeriksaan Aspal | 5 | | | 5 | | | | | | | | | |
| 3 | Pengujian Campuran | Pembuatan Benda Uji | 48 | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | | | | |
| | | *Marshall* | 6 | | | | | | | | | 6 | | | |
| | | *IRS* | 2 | | | | | | | | | | 2 | | |
| | | *ITS* | 2 | | | | | | | | | | 2 | | |
| | | *Cantabro* | 2 | | | | | | | | | | 2 | | |
| 4 | Penyusunan Laporan Tugas Akhir | Analisis Data | 16 | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | | Kesimpulan dan Pembahasan | 6 | | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | |
| | | Konsultasi | 24 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total | | | 140 | | | | | | | | | | | | |
| Waktu (%) | | | | 10 | 9 | 19 | 14 | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 | 14 | 6 | 2 |
| Waktu Kumulatif (%) | | | | 10 | 19 | 38 | 52 | 66 | 80 | 94 | 106 | 118 | 132 | 138 | 140 |
| Bobot (%) | | | | 7 | 6 | 14 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8,6 | 8,6 | 10 | 4,3 | 1,4 |
| Bobot Kumulaif (%) | | | | 7 | 14 | 27 | 37 | 47 | 57 | 67 | 76 | 84 | 94 | 99 | 100 |

# BAB V
# HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Karakteristik Material

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan karakteristik material dari masing-masing material, adapun hasil yang diperoleh untuk setiap pengujian.

### 5.1.1 Hasil Pengujian 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 Daerah Istimewa Yogyakarta dilakukan beberapa pengujian untuk menentukan suatu jenis campuran yang digunakan pada ruas jalan sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk merencanakan campuran yang baru menggunakan bahan dari *RAP* dengan bahan agregat dan aspal baru. Berikut adalah uji yang dilakukan untuk menentukan dari karakteristik material *RAP*.

1. Hasil Penentuan Kadar Aspal pada Material *RAP*

   Penentuan kadar aspal pada material *RAP* yang telah diperoleh dari pengujian dengan menggunakan pengujian ekstraksi. Tujuan dari pengujian ini sebagai penentu nilai persentase aspal yang ada pada material *RAP* tersebut, yang nantinya menjadi nilai persentase aspal lama yang terkandung pada material *RAP* yang digunakan untuk *Mix Design* penambahan material aspal baru. Hasil dari pengujian ekstraksi yang merupakan kadar aspal yang ada pada material *RAP* yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5. 1 Kadar Aspal Pada Material *RAP***

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

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

2. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal pada Material *RAP*

   Pengujian penetrasi untuk menentukan serta mengetahui sebuah nilai penetrasi yang terdapat dalam material *RAP*. Pada pengujian ini yang diperoleh yaitu nilai rata-rata pada pengujian penetrasi material *RAP* sebesar 51,4 mm. Berdasarkan hasil dari pengujian tersebut dapat dinyatakan bahwa aspal lama dalam material *RAP* memiliki kandungan merupakan aspal jenis pen 60/70 yang dapat digunakan sebagai campuran material benda uji pada penelitian ini. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian yaitu sebesar 51,4 mm, maka penetrasi *RAP* tersebut sudah tidak memenuhi syarat karena aspal sudah mengalami pengerasan yang menjadi getas, sehingga pada penelitian ini dibutuhkan bahan peremaja untuk melunakkan aspal *RAP* yang sudah mengeras atau getas dengan menggunakan bahan peremaja, bahan peremaja pada penelitian ini digunakan oli bekas kendaraan bermotor.

3. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Material *RAP*

   Pengujian titik lembek aspal pada material *RAP* memiliki tujuan sebagai penentu untuk mengetahui dan memperoleh sebuah nilai titik lembek aspal pada material *RAP* yang berhubungan langsung dengan mutu, serta tingkat kekerasan aspal lama dalam kandungan *RAP* tersebut. Dari hasil pengujian memperoleh nilai titik lembek yang memiliki suhu 53°C dan waktu 12 menit 40 detik. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh pada nilai titik lembek pengujian tersebut memenuhi ke dalam spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai titik lembek aspal pen 60/70 sebesar 48°C - 59°C.

Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik material *RAP* yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

**Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Material *RAP***

| No | Uraian | Satuan | Hasil |
|---|---|---|---|
| 1 | Kadar Aspal | % | 4,56 |
| 2 | Penetrasi | mm | 51,4 |
| 3 | Titik Lembek | ℃ | 53 |

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian pada agregat kasar ini meliputi pengujian berat jenis, penyerapan agregat halus terhadap air, kelekatan agregat terhadap aspal dan keausan agregat pada mesin *Los Angeles*. Untuk material agregat yang diuji berasal dari sungai celereng dengan menggunakan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorum Jalan Raya Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian agregat yang telah dilakukan untuk dapat memenuhi spesifikasi yang ditentukan sebagai acuan yaitu persyaratan yang diambil menggunakan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian karakteristik agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

**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 |

Pembahasan pengujian karakteristik agregat kasar untuk pembuatan benda uji seperti penjelasan di bawah ini.

1. Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis adalah hasil perbandingan antara berat volume agregat dengan volume air pada temperature tertentu. Dalam suatu campuran yaitu nilai berat jenis yang sangat diperhatikan karena nilai berat jenis tersebut dapat menjadi faktor tolak ukur serta menentukan banyaknya pori yang terdapat di dalam agregat tersebut. Apabila suatu agregat mempunyai nilai berat jenis yang sangat besar, maka agregat tersebut memiliki pori yang kecil, sehingga dapat menyebabkan banyaknya aspal yang dibutuhkan semakin sedikit, begitupun dengan sebaliknya. Dari hasil pengujian berat jenis agregat kasar memperoleh nilai yaitu sebesar 2,6643. Berdasarkan nilai tersebut yang diperoleh pada pengujian maka nilai berat jenis agregat tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 2,5.

2. Penyerapan Agregat Terhadap Air

   Hasil Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan yang dimiliki dari agregat yaitu menyerap air yang masuk ke dalam rongga yang ada dalam agregat, mulai dari kondisi kering hingga ke kondisi jenuh. Pengaruh nilai kadar pori yang besar memiliki penyerapan yang besar pula, hal ini disebabkan pula yang mengakibatkan aspal yang digunakan untuk menyelimuti agregat semakin banyak, begitupun dengan sebaliknya. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh nilai yaitu sebesar 1,687. Nilai ini diperoleh dari pengujian dan telah memenuhi syarat spesifikasi yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≤ 3.

3. Penyerapan Agregat Terhadap Aspal

   Hasil Pengujian ini mempunyai tujuan untuk menentukan persentase luas pada permukaan agregat yang dapat diselimuti dengan aspal. Dari hasil pengujian maka diperoleh nilainya yaitu sebesar 97,5. Berdasarkan nilai yang telah diperoleh dari pengujian tersebut maka hasil dari pengujian tersebut sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 95.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

   Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan dari agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasilnya dengan nilai sebesar 20,61. Dari nilai yang

telah diperoleh hasil dari pengujian tersebut maka nilainya sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≤ 40.

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan untuk karakteristik agrgeat halus meliputi uji penyerapan agregat halus terhadap air, uji berat jenis, dan *Sand Equivalent*. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi dari pengujian karakteristik agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

**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 |

Berikut ini merupakan pembahasan hasil dari pengujian karakteristik agregat halus yang telah dilakukan.

1. Penyerapan Agregat Terhadap Air

   Berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh untuk mengetahui kemampuan dari agregat untuk menyerap air melalui pori-pori maka diperoleh hasil dari nilai persentase penyerapan yaitu sebesar 2,25%. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasilnya yang memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu ≤ 3.

2. Berat Jenis Agregat Halus

   Pada pengujian berat jenis agregat halus maka diperoleh hasil dari pengujian yaitu sebesar 2,60. Berdasarkan nilai yang telah diperoleh dari pengujian berat jenis agregat halus maka hasilnya telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu ≥ 2,5

3. *Sand Equivalent.*

   Hasil pengujian *Sand Equivalent* dimasudkan untuk mengetahui tingkat kebersihan dari agregat terhadap adanya lumpur, debu dan kotoran lain yang

masih terkandung di dalam agregat. Dari hasil pengujian ini diperoleh nilai dari *Sand Equivalent* agregat dengan hasil sebesar 91,987%. Berdasarkan nilai tersebut maka telah memenuhi nilai dari spesifikasi yang telah disyaratkan Bina Marga 2010 yaitu ≥ 50.

### 5.1.4 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Baru

Pengujian karakteristik aspal baru yang digunakan pada sebuah penelitian ini menggunakan aspal jenis pertamina pen 60/70 yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian pada karakteristik aspal pertamina pen 60/70 ini dapat dilihat pada rekapitulasi Tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5. 5 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 |

Berikut ini merupakan sebuah pembahasan untuk hasil pengujian pada karakteristik material aspal pertamina pen 60/70 yang digunakan pada pembuatan benda uji.

1. Berat Jenis Aspal Pertamina Pen 60/70

   Nilai berat jenis aspal merupakan nilai yang diperoleh dari hasil perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh nilai dari berat jenis aspal yaitu sebesar 1,023. Dari nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari berat jenis aspal telah memenuhi dari spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 1,00.

2. Penetrasi Aspal Pertamina Pen 60/70

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

3. Daktilitas Aspal Pertamina Pen 60/70

   Hasil pengujian daktilitas yang dimaksudkan ini untuk mengetahui nilai dari keelastisan aspal yang digunakan sebagai campuran. Dari pengujian tersebut maka diperoleh nilai sebesar 164 cm. Berdasarkan hasil dari pengujian daktilitas yaitu dengan nilai yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 dengan syarat nilai minimal 100 cm.

4. Titik Lembek Aspal Pertamina Pen 60/70

   Hasil pengujian yang dimaksudkan ini untuk mengetahui tingkat dari kepekaan aspal terhadap temperature. Pada pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil nilai dari titik lembek sebesar 48 °C. Dari nilai titik lembek pada pengujian tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu dengan nilai ≥ 48 °C.

5. Titik Nyala Aspal Pertamina Pen 60/70

   Hasil pengujian titik nyala yang dimaksudkan ini untuk mengetahui batas dari suhu yang dicapai oleh aspal hingga yang menimbulkan percikan api dan menyala. Dari hasil pengujian titik nyala tersebut maka diperoleh nilai yaitu sebesar 332°C. Hasil yang telah diperoleh dari pengujian tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 232 °C.

6. Titik Bakar Aspal Pertamina Pen 60/70

   Hasil pengujian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui batas dari temperture dimana aspal menimbulkan api. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil dari titik bakar yaitu sebesar 345 °C. Berdasarkan hasil tersebut maka nilai titik bakar telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 232 °C.

7. Kelarutan pada *TCE* Aspal Pertamina Pen 60/70

   Hasil pengujian *TCE* (*Trychloroethylene*) yang dimaksudkan ini dengan tujuan untuk mengetahui kandungan dari mineral lain yang terkandung di dalam aspal. Mineral lain yang terkandung di dalam aspal tersebut dapat mempengaruhi dan menyebabkan gangguan ikatan antara aspal dengan agregat. Secara pengaruh nilai kelarutan yang semakin besar maka presentasenya semakin kecil. Dari hasil penguji ini maka diperoleh hasil dari persentase nilai kelarutan sebesar 99,03%, nilai tersebut telah memenuhi standar dan syarat yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 99%.

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

Pengujian yang dilakukan ini untuk menentukan nilai KAO dilakukan dengan menggunakan salah satu uji yaitu pengujian karakteristik *Marshall* dengan menggunakan beberapa parameter dari hasil pengujian yang telah ditinjau. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII. Beberapa karakteristik hasil dari uji *Marshall* yang telah ditinjau untuk memperoleh kadar nilai KAO yaitu nilai stabilitas, kelelehan (*Flow*), *VMA* (*Void in Mineral 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.

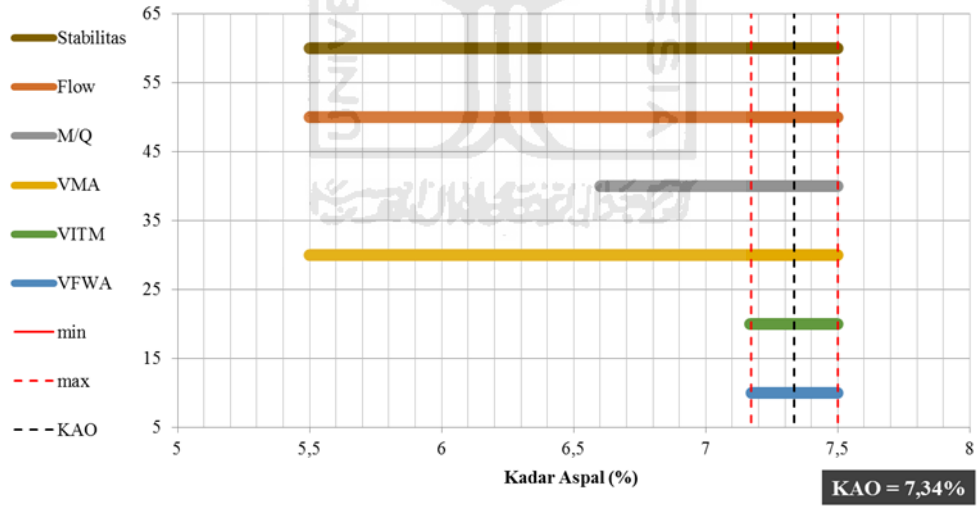
Menentukan nilai KAO pada campuran *SMA* perlu memperhatikan spesfikasi yang digunakan sebagai acuan untuk beberapa parameter pengujian yang ditinjau. Spesifikasi yang digunakan yaitu spesifikasi Bina Marga 1983 Dengan nilai batas persyaratan pada setiap parameter yang ditinjau yaitu nilai *VITM* dengan persyaratan 3% - 5%, nilai *VFWA* > 65%, nilai *VMA* minimal 15%, nilai stabilitas lebih dari 670 Kg/mm. Nilai KAO diperoleh dari nilai tengah batas maksimum dan minimum dari nilai parameter hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

Pada hasil pengujian karakteristik *Marshall* ini menentukan nilai KAO yang telah diperoleh dari 5 nilai KAO untuk setiap variasi kadar peremaja oli bekas yang digunakan dalam pengujian ini. Rekapitulasi untuk hasil pengujian karakteristik

*Marshall* ini dapat dilihat pada Tabel 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, dan untuk grafik hubungan nilai KAO pada setiap variasi kadar peremaja oli bekas yang dapat dilihat pada Gambar 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.

**Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 0 %**

| Rekapitulasi Aspal Pen 60/70 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 2,236750268 |
| 6 | 968,66 | 2,57 | 378,58 | 6,55 | 66,85 | 19,74 | 2,248711248 |
| 6,5 | 894,44 | 2,80 | 319,41 | 6,05 | 70,21 | 20,31 | 2,244553163 |
| 7 | 851,77 | 3,57 | 239,71 | 5,45 | 73,81 | 20,80 | 2,242970418 |
| 7,5 | 827,42 | 3,73 | 222,27 | 4,10 | 80,16 | 20,66 | 2,258963866 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>76** | **>15** | **>2** |

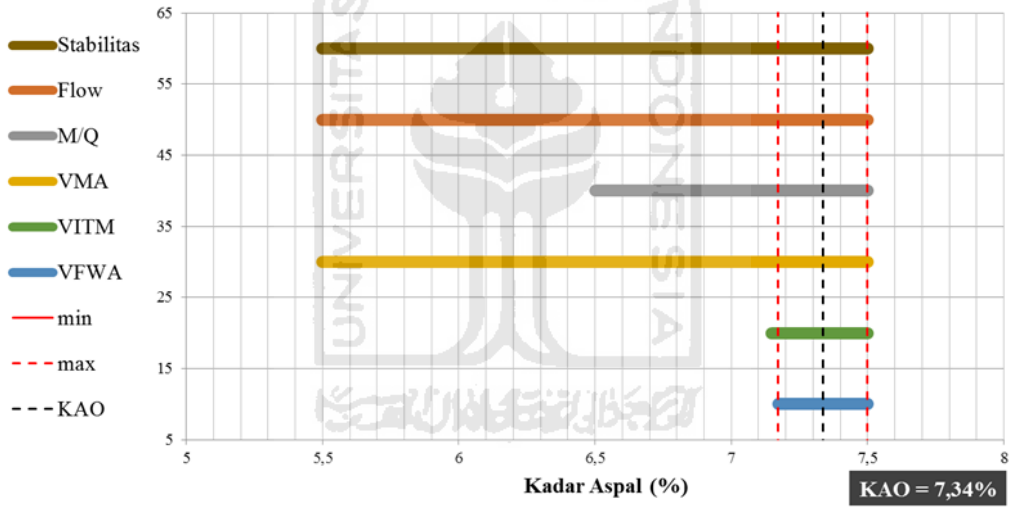



**Gambar 5. 1 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 0 %**

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

**Tabel 5. 7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 2 %**

| Rekapitulasi Aspal Pen 60/70 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 2,225375626 |
| 6 | 1123,21 | 2,87 | 392,90 | 6,71 | 66,24 | 19,88 | 2,244878459 |
| 6,5 | 951,44 | 3,20 | 297,36 | 6,10 | 70,04 | 20,35 | 2,243428256 |
| 7 | 796,29 | 3,47 | 231,01 | 5,16 | 74,89 | 20,56 | 2,249732302 |
| 7,5 | 699,54 | 3,57 | 196,59 | 4,61 | 78,12 | 21,09 | 2,24681117 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>76** | **>15** | **>2** |

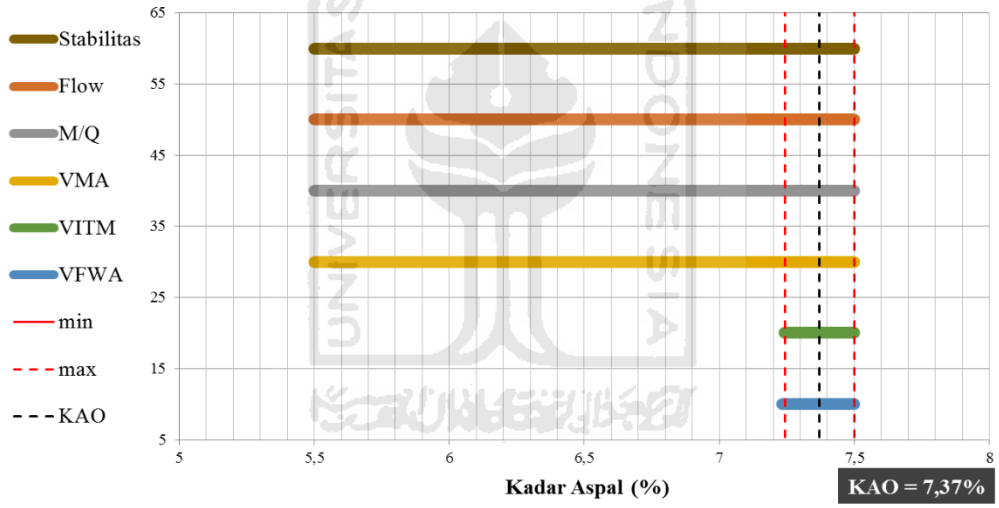



**Gambar 5. 2 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 2 %**

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

**Tabel 5. 8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 3 %**

| Rekapitulasi Aspal Pen 60/70 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 2,208096376 |
| 6 | 881,95 | 3,27 | 273,50 | 7,68 | 62,92 | 20,71 | 2,221544166 |
| 6,5 | 919,59 | 3,37 | 273,30 | 6,85 | 67,38 | 20,99 | 2,225565135 |
| 7 | 956,28 | 3,53 | 270,96 | 5,25 | 74,56 | 20,63 | 2,247690301 |
| 7,5 | 881,02 | 3,70 | 240,55 | 4,73 | 77,65 | 21,19 | 2,243981065 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>76** | **>15** | **>2** |

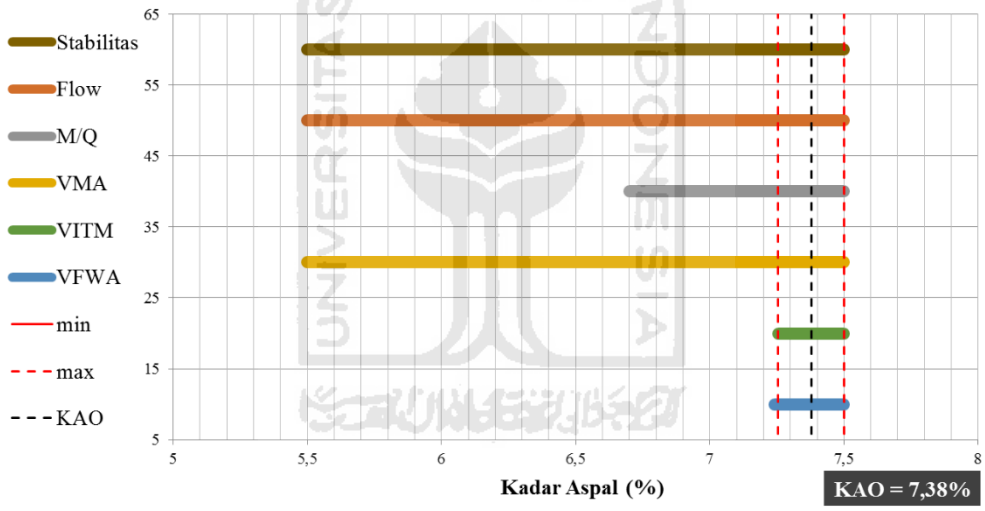



**Gambar 5. 3 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 3 %**

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

**Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 4 %**

| Rekapitulasi Aspal Pen 60/70 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 2,192864147 |
| 6 | 968,72 | 3,33 | 291,75 | 8,66 | 59,81 | 21,55 | 2,197863526 |
| 6,5 | 974,39 | 3,37 | 289,33 | 6,40 | 68,96 | 20,61 | 2,236215007 |
| 7 | 829,99 | 3,50 | 237,25 | 5,25 | 74,55 | 20,63 | 2,247656628 |
| 7,5 | 760,74 | 3,90 | 195,61 | 4,76 | 77,56 | 21,21 | 2,243406139 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>76** | **>15** | **>2** |

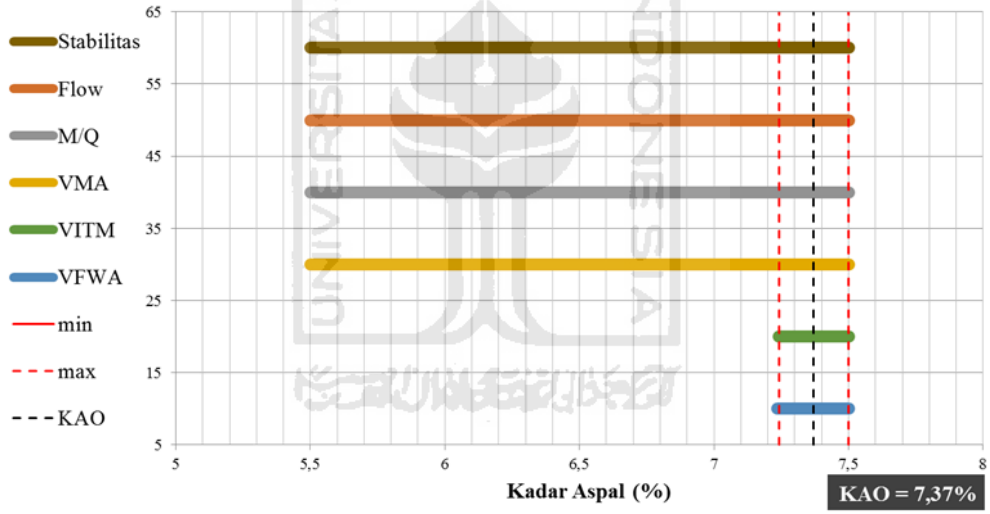



**Gambar 5. 4 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 4 %**

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

**Tabel 5. 10 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* Kadar Peremaja 5 %**

| Rekapitulasi Aspal Pen 60/70 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 | 2,189855884 |
| 6 | 901,65 | 3,30 | 274,01 | 8,19 | 61,32 | 21,14 | 2,209343076 |
| 6,5 | 864,90 | 3,43 | 251,82 | 6,76 | 67,69 | 20,91 | 2,227673765 |
| 7 | 826,57 | 3,57 | 232,03 | 5,42 | 73,90 | 20,77 | 2,243589672 |
| 7,5 | 764,44 | 3,80 | 202,73 | 4,55 | 78,39 | 21,03 | 2,248373346 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>76** | **>15** | **>2** |




**Gambar 5. 5 Nilai KAO pada Kadar Peremaja 5 %**

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

Rekapitulasi hasil pengujian dari karakteristik *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum campuran *SMA* dengan setiap variasi kadar peremaja oli bekas terhadap material *RAP* dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

**Tabel 5. 11 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 |

Rekapitulasi hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi kadar peremaja oli bekas pada material *RAP* terhadap sebuah campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) dapat dilihat pada Tabel 5.12 sebagai berikut.

**Tabel 5. 12 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 |

5.1.6 Hasil Pengujian Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 pada Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Variasi Oli Bekas sebagai Peremaja Material *RAP*

Hasil pengujian campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 pada kadar aspal optimum yang menggunakan variasi oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* dengan pengujian *Marshall, Index of Retained Strength*, *Tensile Strength Ratio*, dan *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Tabel 5.13 sampai Tabel 5.14 sebagai berikut.

1. Oli Bekas sebagai Peremaja Material *RAP* pada Pengujian Karakteristik *Marshall* terhadap Campuran *SMA* 0/11

   Rekapitulasi hasil pengujian karaktersitik *Marshall* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* serta hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.13 seperti berikut.

**Tabel 5. 13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall***

| Kadar Oli (%) | Stabilitas (kg) | *Flow* (mm) | *MQ* (kg/mm) | *VITM* (%) | *VFWA* (%) | *VMA* (%) | *Density* (gr/cc) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 923,02 | 3,67 | 251,91 | 4,92 | 76,60 | 21,03 | 2,24465 |
| 2 | 1001,67 | 3,70 | 270,89 | 4,91 | 76,62 | 21,02 | 2,24477 |
| 3 | 1061,00 | 3,73 | 284,25 | 4,85 | 76,95 | 21,00 | 2,24543 |
| 4 | 901,04 | 3,77 | 239,26 | 4,78 | 77,23 | 20,99 | 2,24673 |
| 5 | 871,14 | 3,80 | 229,35 | 4,69 | 77,56 | 20,89 | 2,24915 |
| **BINA MARGA** | **670** | **2-4** | **190-300** | **3,0-5,0** | **>65** | **>15** | **>2** |

2. Oli Bekas Peremaja Material *RAP* pada Pengujian Karakteristik *Index Of Retained Strength* terhadap Campuran *SMA* 0/11

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

   Berikut ini merupakan hasil dari rekapitulasi pengujian *Immersion Test* pada campuran *SMA* dan hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

**Tabel 5. 14 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 | 92,400 | 79,976 | 0,323 | 0,838 | 3,721 | 9,908 |
| 2 | 91,918 | 79,540 | 0,344 | 0,856 | 4,125 | 10,123 |
| 3 | 90,266 | 78,206 | 0,414 | 0,913 | 4,968 | 10,784 |
| 4 | 88,178 | 75,951 | 0,503 | 1,248 | 6,034 | 11,899 |
| 5 | 87,336 | 75,593 | 0,539 | 1,279 | 6,464 | 12,077 |

3. Oli Bekas sebagai Peremaja Material *RAP* pada Pengujian Karakteristik *Indirect Tensile Strength* terhadap Campuran *SMA* 0/11

Berikut ini merupakan hasil dari rekapitulasi pengujian *Indirect Tensile Strength* untuk memperoleh nilai *Tensile Strength Ratio* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

**Tabel 5. 15 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 | 17,567 | 14,499 | 82,532 |
| 2 | 18,250 | 15,626 | 85,625 |
| 3 | 18,625 | 16,031 | 86,075 |
| 4 | 18,007 | 15,051 | 83,583 |
| 5 | 16,810 | 13,800 | 82,093 |

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 5.16 dan hasil uji selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

**Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik *Cantabro***

| **Kadar Peremaja (%)** | **Kehilangan Berat (%)** |
|---|---|
| 0 | 3,275 |
| 2 | 2,971 |
| 3 | 2,876 |
| 4 | 3,362 |
| 5 | 4,259 |

Data hasil karakteristik *Marshall, Indirect Tensile Strength, Index of Retained Strength,* dan *Cantabro Loss* pada campuran *Split Mastic Asphalt* dengan penambahan oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* yang dianalisis

menggunakan *ANOVA* satu arah. Hasil analisis menggunakan statistik *ANOVA* satu arah dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 sebagai berikut.

**Tabel 5. 17 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik *ANOVA* pada Pengujian *Marshall***

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

**Tabel 5. 18 Rekapitulasi Data Hasil Uji Statistik *ANOVA* pada Pengujian *ITS, Cantabro,* dan *IRS***

| Parameter | Hasil Analisis | Keterangan |
|---|---|---|
| *ITS* | $H_0$ diterima | Signifikan |
| *ITS 24 Jam* | $H_0$ diterima | Tidak Signifikan |
| *Cantabro* | $H_1$ 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.*

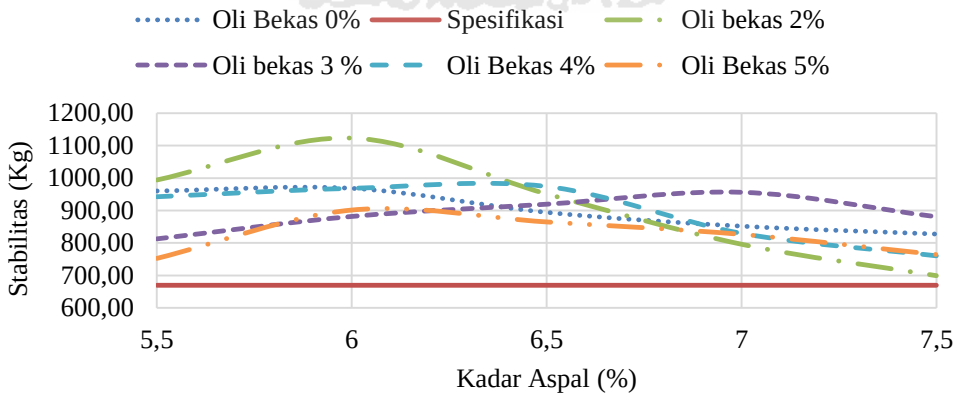
$H_1$ Diterima : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penambahan oli bekas sebagai peremaja material *RAP* campuran *Split Mastic Asphalt*.

## 5.2 Peninjauan Karakterisitk *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum diperoleh dari beberapa parameter yang ditinjau dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* diantaranya yaitu melalui nilai stabilitas, *Flow*, *Density*, *Marshall Quotient*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*. Berikut ini merupakan pembahasan dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan nilai KAO. Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah penjelasan yang menentukan kadar aspal optimum melalui hubungan dengan kadar aspal menggunakan beberapa parameter pengujian karakteristik *Marshall*.

1. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

   Stabilitas adalah sebuah kemampuan dari suatu perkerasan untuk menerima beban dari lalu lintas yang berulang-ulang atau disebut dengan repetisi tanpa adanya perubahan sehingga mampu menahan deformasi yang terjadi. Ada beberapa faktor yang dipengaruhi dari nilai stabilitas diantaranya yaitu tekstur permukaan agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



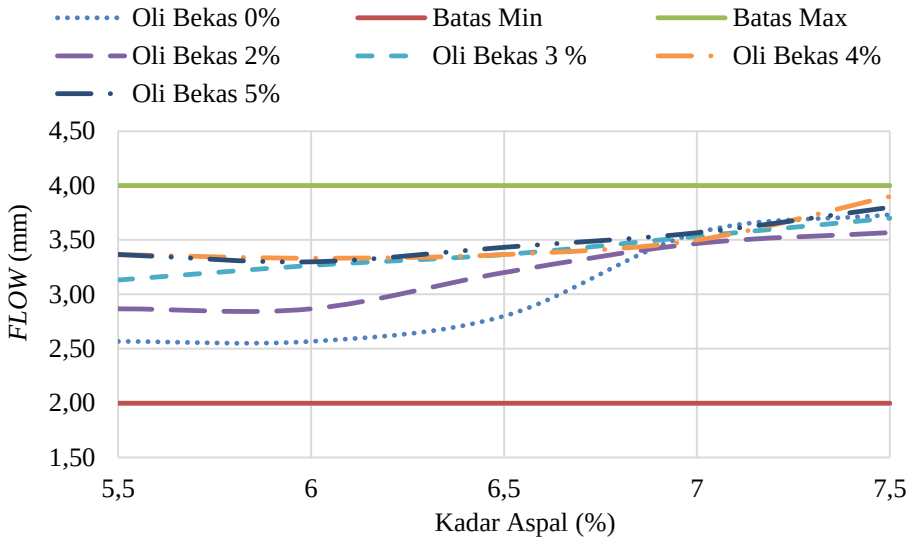

**Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas**

Dari Gambar 5.6 yang mengenai tentang hubungan antara nilai kadar aspal dan stabilitas yang diperoleh bahwasannya seiring dengan bertambahnya kadar aspal

yang digunakan maka hasil dari nilai stabilitasnya meningkat tapi tidak terlalu signifikan, hingga sampai pada kondisi yang optimum pada campuran ini juga mengalami penurunan tetapi tidak signifikan, hal ini dapat disebabkan karena semakin bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada campuran tersebut dapat mengakibatkan selimut aspal yang semakin tebal dan memiliki gesekan antara butiran agregat yang semakin berkurang, serta itu nilai kohesi yang dihasilkan juga menjadi menurun dengan fungsi utama aspal yang digunakan sebagai alat perekat antara agregat menjadi pelicin ketika kadar yang diberikan berlebihan. Selain itu, pengaruh yang diberikan dari penambahan oli bekas pada kadar aspal yang sama relatif menurunkan dari nilai stabilitas setelah penambahan yang berlebihan. Hal ini terjadi akibat seiring dengan penambahan oli bekas yang menyebabkan material *RAP* melunak, sehingga pada daya ikat antara agregat menurun.

2. Pengaruh Kadar Aspal Terhadap *Flow*

   Kelelehan (*flow*) merupakan sebuah kondisi yang dimiliki pada suatu campuran yang mengalami besarnya deformasi pada saat awal pembebanan hingga pada saat kondisi dari nilai kestabilannya menurun bahkan runtuh / roboh. Nilai *flow* yang rendah menjadi faktor bahwa terdapatnya rongga pada campuran yang tidak terisi atau terselimuti dengan aspal sehingga dapat menyebabkan nilai durabilitas yang menurun, begitupun dengan hal sebaliknya. Ada beberapa faktor yang dapat terjadi akibat dari nilai kelelehan suatu campuran diantaranya adalah viskositas aspal, suhu, gradasi agregat, dan kepadatan campuran. Hasil pengujian dari nilai kelelehan untuk memperoleh KAO dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.

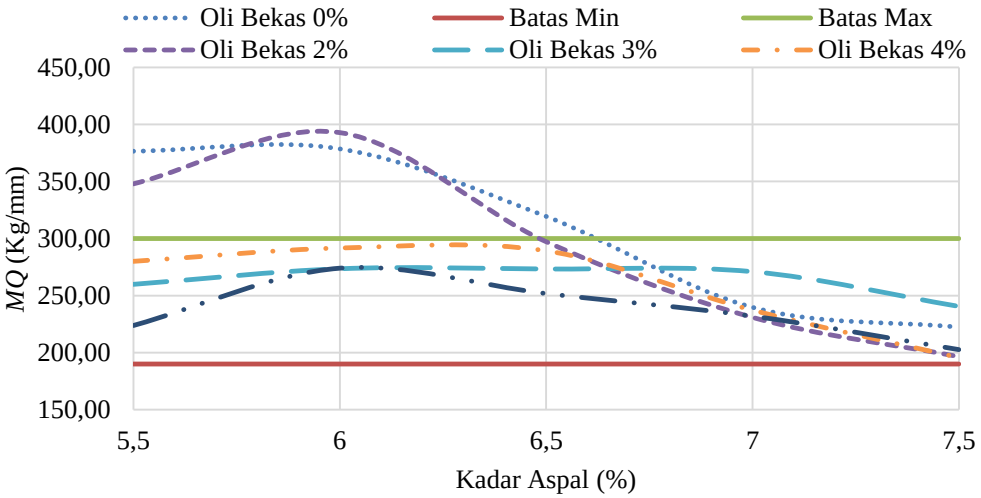



**Gambar 5. 7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Flow***

Dari gambar 5.7 mengenai grafik hubungan antara nilai kadar aspal dengan *flow* yang diperoleh pada hasil dengan semakin bertambahnya kadar aspal yang digunakan semakin meningkatnya nilai kelelehan yang ditimbulkan pada campuran tersebut. Hal ini dapat terjadi karena adanya campuran yang mengalami perubahan dalam bentuknya ataupun deformasi terhadap beban sehingga campuran bisa semakin bersifat plastis dengan komposisi aspal yang berlebihan. Penambahan oli bekas juga mempunyai pengaruh terhadap nilai dari kelelehan dalam satu kadar aspal yang sama, sehingga seiring adanya penambahan oli bekas dapat menyebabkan kandungan dari material *RAP* melunak.

3. *Marshall Quotient* (*MQ*)

   Nilai *Marshall Quotient* merupakan sebuah perbandingan antara nilai dari stabilitas dan *flow* (kelelehan) pada suatu campuran. Nilai *MQ* yang mengindikasikan suatu campuran yang bersifat kaku atau lentur. Semakin rendah nilai *MQ* maka campuran tersebut menunjukkan bahwa campuran tersebut bersifat kaku, namun ketika sebaliknya semakin tinggi hasil dari nilai *MQ* maka suatu campuran tersebut bersifat kaku. Hasil dari pengujian nilai *MQ* pada campuran *SMA* grade 0/11 ini dapat dilihat pda Gambar 5.8 berikut.

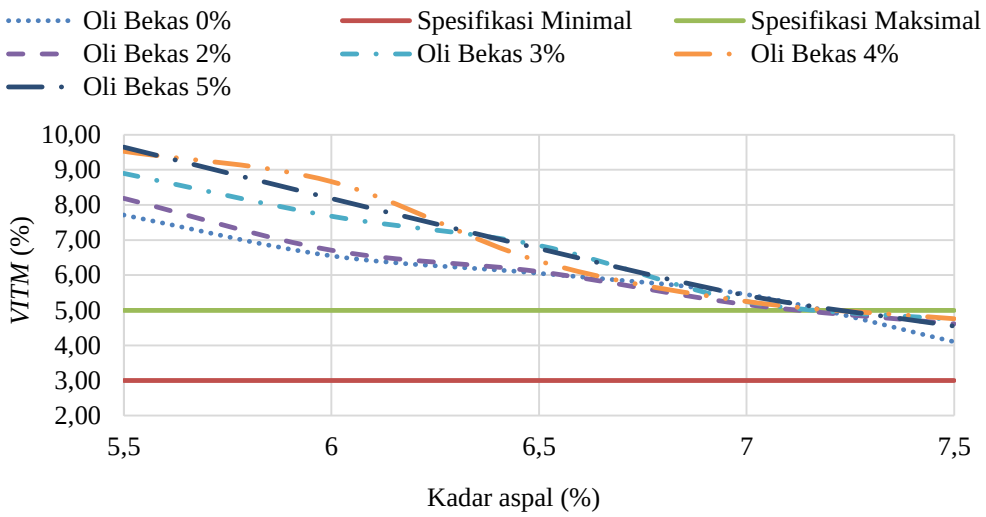



**Gambar 5. 8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *MQ***

Berdasarkan Gambar 5.8 dari grafik hubungan antara kadar aspal dengan *MQ* diperoleh hasil yaitu pada kadar aspal 7% sampai 7,5%. Nilai *MQ* menurun yang disebabkan dari campuran tersebut sudah berlebihan dalam penambahan kadar aspal, sehingga campuran tersebut memiliki sifat yang terlalu lentur. Pada penambahan oli bekas yang digunakan pada penelitian ini memiliki pengaruh terhadap kelenturan dari campuran tersebut, karena seiring adanya penambahan oli bekas dalam kadar aspal yang sama menyebabkan material *RAP* melunak dan campuran memiliki tingkat kelenturan yang sangat fleksibel.

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

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

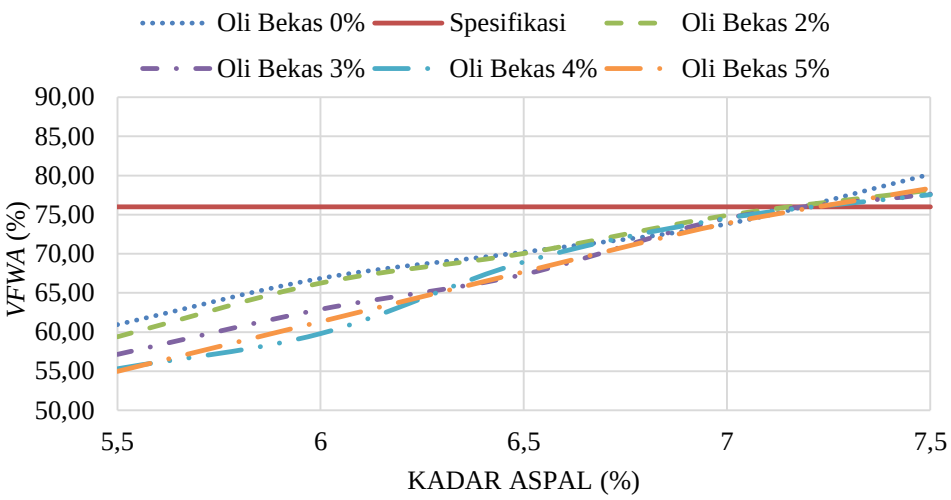



**Gambar 5. 9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VITM***

Dari Gambar 5.9 dari grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *VITM* menunjukkan bahwasannya seiring dengan adanya penambahan kadar aspal yang digunakan pada campuran tersebut menyebabkan nilai *VITM* yang semakin menurun, hal ini disebabkan karena adanya rongga yang terisi oleh aspal, sehingga pori yang tersisa pada campuran semakin sedikit persentasenya. Pengaruh dari adanya penambahan oli bekas sebagai bahan peremaja pada kadar aspal yang sama untuk mencari nilai dari KAO meningkatkan nilai kelelehan pada penelitian ini. Hal ini terjadi karena seiring dengan adanya penambahan oli bekas dengan material *RAP* yang saling melekat akan memecah ikatan butiran dan membuka pori-pori ataupun ruang baru pada campuran dalam kondisi dengan kadar aspal yang sama.

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

   *Void Filled With Asphalt* (*VFWA*) merupakan sebuah persentase rongga atau pori yang berada pada partikel agregat yang terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* dapat mengindikasi pada suatu campuran yang semakin kedap air maupun udara di dalam campuran tersebut, begitupun dengan hasil sebaliknya. Berikut adalah hasil dari pengujian untuk nilai *VFWA* dapat dilihat pada Gambar 5.10



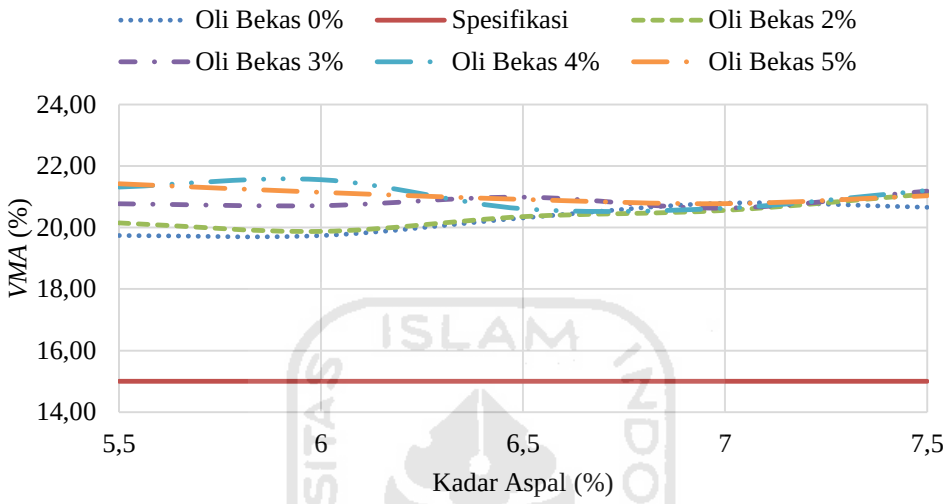

**Gambar 5. 10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VFWA***

Dari Gambar 5.10 dari grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VFWA* bahwasannya dapat dilihat dari nilai *VFWA* yang semakin meningkat seiring dengan adanya penambahan kadar aspal yang digunakan pada suatu pengujian campuran tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya kadar aspal yang digunakan dalam sebuah campuran tersebut maka semakin banyak pula pori yang berada pada campuran tersebut diantaranya partikel agregat yang terisi oleh aspal. Sehingga dampak yang ditimbulkan dari sebuah nilai *VFWA* yang cenderung semakin naik maka campuran bersifat lebih fleksibel dan menjadi kedap terhadap air serta udara. Pengaruh dari penambahan oli bekas pada kadar aspal yang sama ini relatif menurunkan nilai *VFWA*. Hal ini terjadi akibat adanya penambahan oli bekas yang berlebih dapat menyebabkan ruang yang baru karena adanya pelepasan ikatan antara agregat pada *RAP* menjadi melunak dan dapat menyebabkan *void* yang terselimuti aspal semakin lebih sedikit dalam kondisi kadar aspal yang sama.

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

   *Void Mineral Aggregate* (*VMA*) merupakan persentase rongga atapun pori yang berada diantara partikel agregat yang berada dalam sebuah campuran yang telah dipadatkan. *VMA* memiliki fungsi sebagai ruang untuk menampung aspal dan udara pada sebuah campuran. Nilai *VMA* yang relatif lebih besar maka

mengindikasikan bahwasannya selimut aspal yang berada pada campuran semakin tebal, sehingga dapat dikatakan campuran tersebut semakin kedap terhadap air. Hasil pengujian campuran untuk nilai *VMA* ini dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



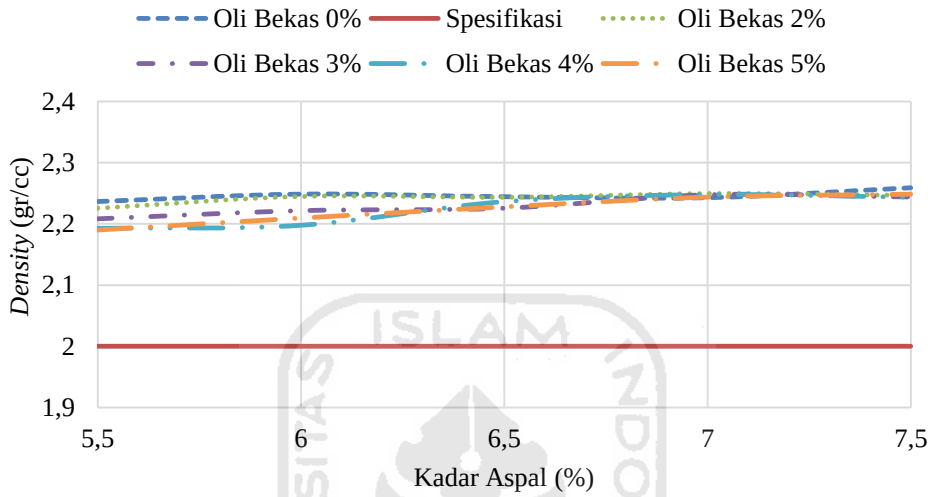

**Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VMA***

Berdasarkan Gambar 5.11 dari grafik hubungan kadar aspal dan nilai *VMA* dapat dilihat bahwa nilai yang dimiliki *VMA* relatif semakin meningkat tapi tidak terlalu signifikan seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada pengujian ini. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya kadar aspal yang digunakan pada campuran ini dapat membuat semakin tebal aspal yang diselimuti antara partikel agregat. Pengaruh dari penambahan oli bekas yang relatif meningkatkan nilai dari *VMA* dan dengan adanya penambahan oli bekas pada kadar aspal yang sama dapat membuka pori pada *RAP* yang menjadikan agregat berjarak.

7. *Density* (Kepadatan)

   *Density* merupakan derajat yang memiliki kepadatan pada suatu campuran dalam suatu volume setelah dilakukan proses pemadatan. Nilai kepadatan suatu campuran dapat dilihat dan diindikasikan bahwa suatu campuran padat dan rapat serta mampu untuk menerima beban. Adapun beberapa faktornya yang dapat

mempengaruhi suatu nilai kepadatan suatu campuran diantaranya adalah sebuah gradasi bahan campuran, temperature pada proses pemadatannya, dan penggunaan kadar aspal dalam sebuah campuran tersebut. Hasil pengujian campuran dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.




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

Berdasarkan Gambar 5.12 dari grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *density* maka dapat dilihat bahwa kepadatan secara umum semakin meningkat tapi tidak terlalu signifikan semakin meningkatnya dengan adanya penambahan kadar aspal yang digunakan pada campuran tersebut. Hal ini dapat menyebabkan campuran tersebut lebih relatif padat dan rapat, sehingga dapat mengikat campuran tersebut dan mampu melayani beban lalu lintas dengan baik. Dengan adanya penambahan oli bekas pada kadar aspal yang sama pada penelitian ini untuk menentukan KAO menjadi lebih relatif menurunkan nilai kepadatannya. Hal ini disebabkan material *RAP* yang melunak akibat adanya penambahan oli bekas dan pada kadar aspal yang sama dapat membuka pori baru dan membuka ikatan antara agregat yang menyebabkan ikatan tidak rapat dan tidak padat pada kondisi kadar aspal yang sama.

5.2.1 Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran

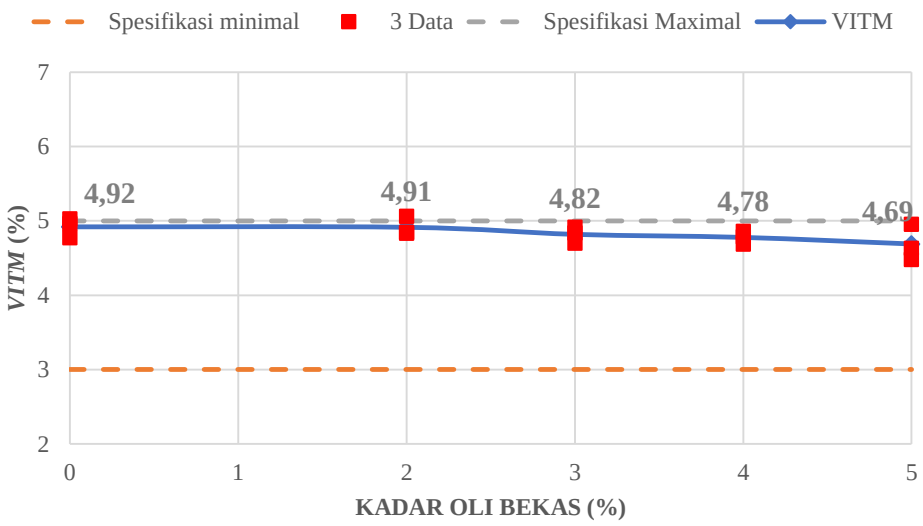
*Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

Hasil dari Pengujian karakteristik *Marshall* mempunyai beberapa parameter yang ditinjau sebagai acuan untuk pengujian *Marshall*, dengan mempertimbangkan setiap parameter yang harus memenuhi ke dalam spesfikasi campuran yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Berikut ini merupakan pembahasan beberapa parameter hasil uji karakteristik *Marshall* untuk mengetahui sebuah pengaruh antara penambahan bahan peremaja dengan campuran *SMA*.

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

   *VITM* (*Void in the Total Mix*) adalah sisa rongga di dalam campuran beton aspal yang telah dipadatkan. Sisa rongga yang terdapat di dalam campuran tersebut memiliki fungsi sebagai tempat untuk bergerak dan bergesernya butiran agregat yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang. Selain itu, rongga tersebut tersisa dalam campuran juga dapat menjadi salah satu penyebab menjadi ruang bagi aspal yang dapat melunak akibat temperature. Berdasarkan spesfikasi yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 1983 yaitu dengan nilai *VITM* sebesar 3% - 5%.

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




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

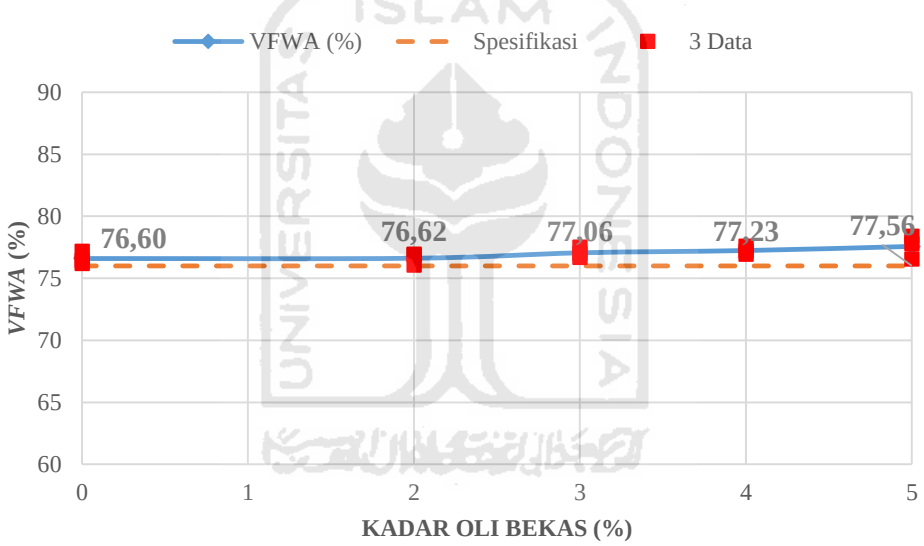
Berdasarkan nilai yang telah diperoleh dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* yang dilakukan maka dapat dinyatakan bahwa seiring dengan penambahan dari kadar peremaja yang digunakan pada campuran, maka nilai *VITM* semakin mengalami penurunan tapi tidak terlalu signifikan. Penelitian ini juga memiliki kesamaan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nono (2016) yang menyatakan bahwa penurunan nilai dari *VITM* itu terjadi karena seiring penambahan kadar peremaja yang disebabkan oleh rongga butir agregat yang berada dalam campuran masih relatif cukup besar, sehingga dapat memudahkan aspal masuk ke dalam rongga-rongga campuran dan campuran tersebut menjadi lebih padat. Selain itu juga, seiring bertambahnya kadar peremaja pada aspal maka dapat menghasilkan sifat yang lebih lunak dan sifat ini juga dapat memudahkan aspal yang mengisi rongga udara antar agregat. Pengaruh dari penggunaan serat serabut kelapa pada pengujian ini yaitu menggunakan penambahan serat serabut kelapa yang dapat mengisi rongga-rongga yang ada pada campuran tersebut sehingga dapat mengisi ruang yang masih kosong sehingga menurunkan nilai *VITM*.

Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa semakin banyak dari penambahan bahan peremaja maka menaikan nilai penetrasi dan menurunkan nilai titik lembek sehingga nilai *VITM* pada campuran menjadi

menurun. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *VITM*.

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

   *VFWA* merupakan rongga yang dapat terisi serta terselimuti dengan aspal yang berada di dalam campuran. Pada dasarnya nilai dari *VFWA* yang semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang mengindikasi bahwa rongga yang terisi oleh aspal semakin banyak dan campuran tersebut menjadi kedap terhadap air. Dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan nilai dari *VFWA* sebagai salah satu parameter yang dapat ditinjau dari pengujian maka diperoleh grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 seperti berikut.




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

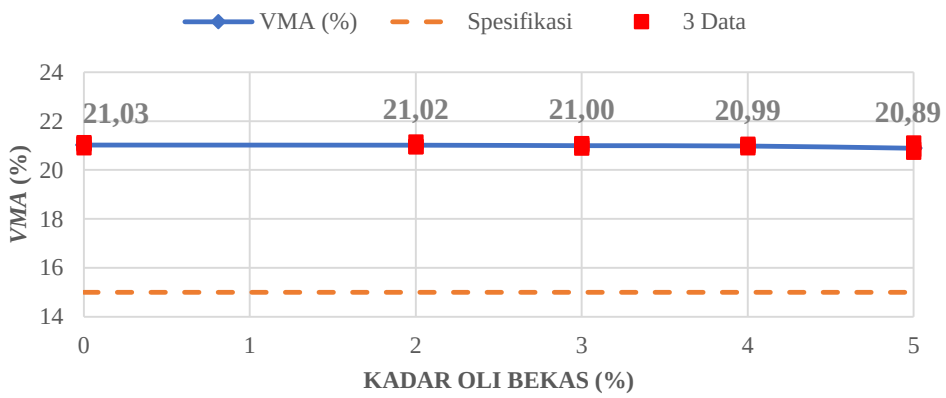
Berdasarkan grafik yang telah diperoleh dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* maka diperoleh dari nilai *VFWA* yang relatif semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran. Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan yaitu penelitian dari Nono (2016) bahwa kadar peremaja untuk minyak goreng yang ditambahkan ke dalam campuran dapat menurunkan nilai dari *VFWA*, hal tersebut karena adanya rongga yang masih ada relatif cukup besar. Namun pada penelitian ini nilai *VFWA* semakin meningkat yaitu dari segi kadar peremaja

yang digunakan berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Nono (2016), selain itu juga dari dasar teori yang sudah ada bahwasannya nilai *VFWA* yang diperoleh dari penelitian ini memiliki sinergisitas dengan nilai *VITM* yang semakin menurun yang mengindikasikan semakin sedikitnya pori ataupun rongga yang ada di dalam campuran yang dapat menandakan bahwa bagian yang terselimuti aspal juga semakin banyak.

Penelitian ini berbeda dengan yang dilakukan oleh Nono (2016) bahwa campuran dengan penambahan bahan peremaja oli bekas menurunkan nilai *VFWA* seiring bertambahnya kadar peremaja. Hal ini disebabkan karena rongga antar butir agregat masih cukup besar sehingga memudahkan aspal masuk ke dalam rongga-rongga campuran dan menjadikan campuran tersebut menjadi lebih padat akibat terisi oleh aspal. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *VFWA.*

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

   *VMA* merupakan sebuah persentase banyaknya rongga antar butir agregat yang mampu terisi oleh aspal dan udara di dalam campuran yang telah melewati proses pemadatan. Pada dasarnya dalam suatu campuran memiliki nilai *VMA* yang mengalami penurunan sampai batas maksimum dan kemudian meningkat seiring adanya pertambahan kadar aspal yang ada di dalam campuran. Nilai *VMA* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang ada diantaranya oleh gradasi agregat, kadar aspal, dan proses pemadatan dari campuran. Dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* diperoleh grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *VMA* yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 seperi berikut.

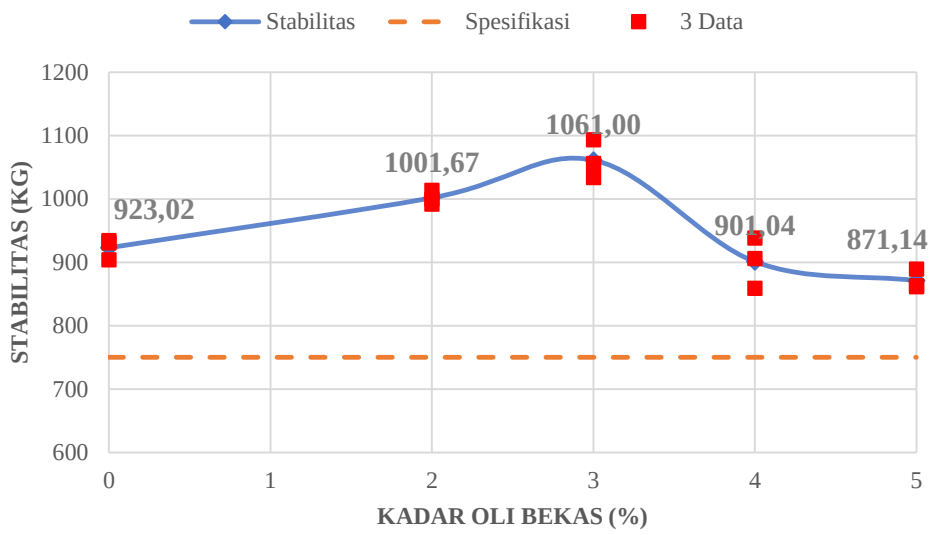



**Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *VMA***

Berdasarkan gambar grafik di atas yang dihasilkan dari pengujian karakteristik *Marshall* dapat dinyatakan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar peremaja yang digunakan dalam campuran maka nilai *VMA* semakin menurun. Pada penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan yaitu penelitian oleh Nono (2016) yang menyatakan bahwasannya seiring dengan adanya penambahan kadar peremaja maka menurunkan nilai dari *VMA*. Hal ini juga dapat terjadi akibat aspal yang menyelimuti rongga antara butiran agregat semakin tebal dan sehingga dapat membuat jarak antara agregat semakin jauh. Selain itu juga, dampak dari menurunnya nilai *VMA* yaitu campuran tersebut semakin lunak karena adanya gaya (*interlocking*) antara agregat semakin menurun akibat semakin jauhnya jarak antar agregat yang membuat rapuh pada saat terjadinya campuran. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *VMA*.

4. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas terhadap Nilai Stabilitas

   Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran untuk menahan deformasi akibat dari adanya beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk. Nilai stabilitas diperoleh dari *interlocking* antara agregat dan gaya ikat aspal terhadap sebuah agregat dalam campuran aspal beton. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.16 sebagai berikut.

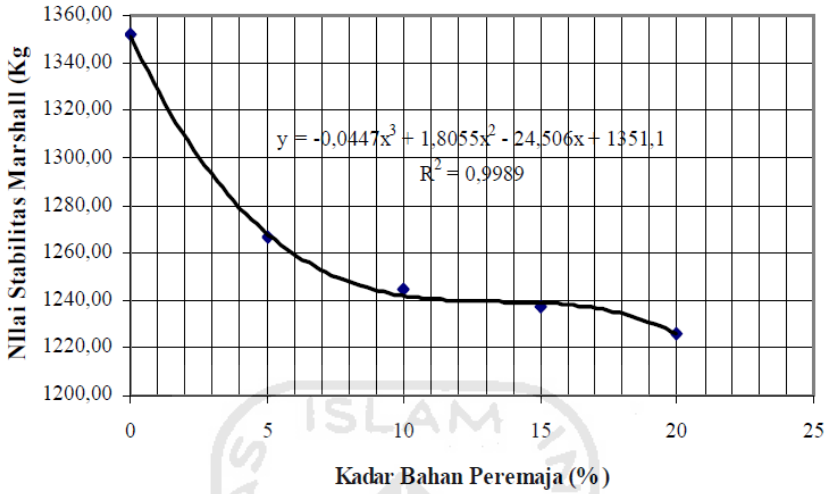



**Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai Stabilitas**

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai stabilitas dapat dilihat adanya penambahan pada kadar peremaja yaitu 0% sampai 3% yang mengalami kenaikan dan pada kadar 3% mengalami posisi paling optimum, kemudian mengalami penurunan pada kadar peremaja oli bekas 4% dan 5% kemudian dengan nilai stabilitas yang semakin menurun yang dikarenakan adanya aspal lama pada material *RAP* yang telah ditambahkan peremaja oli bekas yang menjadi terlalu lunak ataupun lebih encer dari campurannya sehingga menurunkan daya lekat terhadap agregat dan menurunkan *interlocking* antara agregat pada campuran karena ketika campuran *RAP* ketika ditambahkan dengan bahan peremaja oli bekas ketika semakin banyak maka dapat membuat campuran *RAP* dapat menjadi encer dan mengurangi dari daya lekat *interlocking* campuran tersebut. Penggunaan serat serabut kelapa pada penelitian ini memiliki pengaruh untuk mengisi ruang pada ronga-rongga antar agregat sehingga dapat meningkatkan stabilitas.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kasan (2009) dan Sumantri dkk (2014) bahwasannya hubungan antara stabilitas dengan adanya kadar peremaja adalah berbanding terbalik, dimana semakin banyaknya kadar peremaja yang telah diberikan menghasilkan nilai stabilitas yang semakin

kecil pada semua proporsi bahan peremaja. Berikut gambar grafik yang diperoleh dari hasil penelitian Kasan (2009) dapat dilihat pada Gambar 5.17 sebagai berikut.



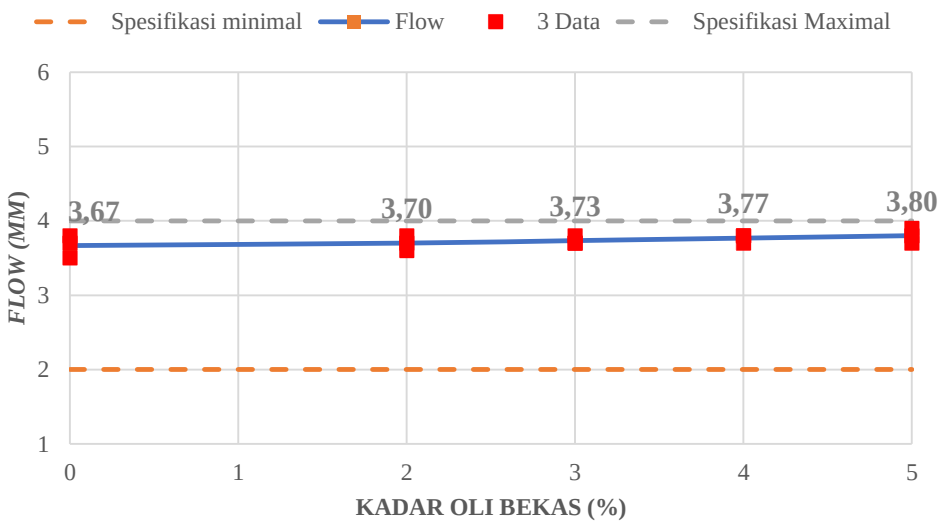

**Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas dengan Nilai Stabilitas**

(Sumber : Kasan, 2009)

Berdasarkan grafik dari hubungan kadar peremaja dengan nilai stabilitas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka terjadi nilai stabilitas semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada kadar peremaja yang semakin tinggi maka dapat mengakibatkan aspal kehilangan daya lekatnya terhadap agregat dan gaya (*interlocking)* antara agregat yang menjadi berkurang karena adanya campuran aspal daur uang yang memiliki rongga. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan hasil signifikan terhadap nilai stabilitas.

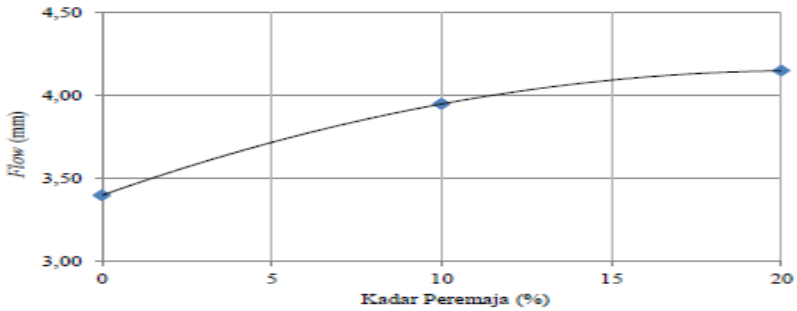
5. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas terhadap Nilai *Flow* (Kelelehan)

   Kelelehan (*flow*) adalah keadaan dimana adanya perubahan bentuk suatu campuran yang disebabkan adanya pembebanan sampai batas maksimum yang telah dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Nilai *flow* menunjukkan tingkat kegetasannya dari suatu campuran beton aspal. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.18 sebagai berikut.




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

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *Flow* dapat dilihat bahwa penambahan kadar peremaja oli bekas 0% sampai 5% menaikkan nilai kelelehan (*flow*) tapi tidak secara signifikan. Dari pengujian ini adanya penambahan peremaja oli bekas pada material *RAP* yang membuat *RAP* dapat melunak sehingga kelelehan (*flow*) dapat meningkat. Penelitian ini memiliki kemiripan dengan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Pradipta (2010). Berikut adalah grafik hubungan kadar peremaja dan nilai kelelehan dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Pradipta (2010) dapat dilihat pada Gambar 5.19 sebagai berikut.



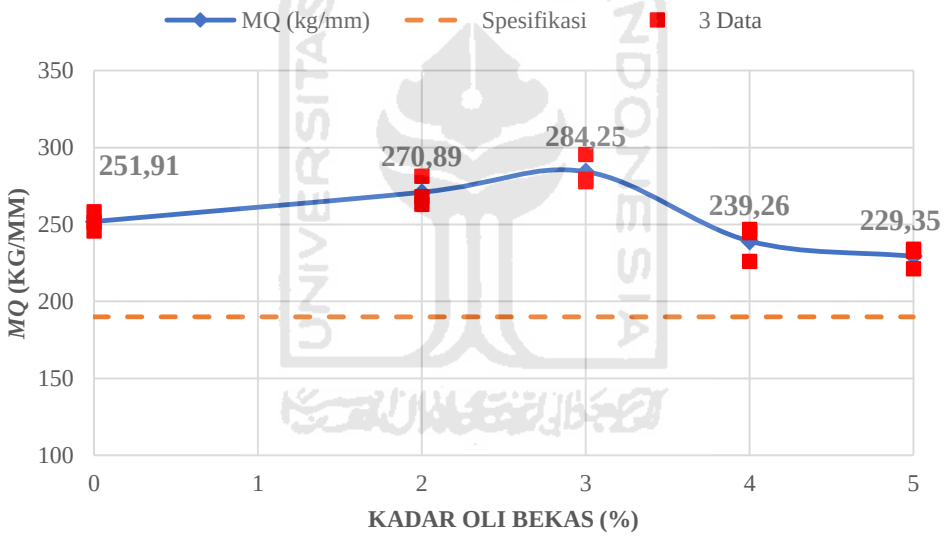

**Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar Peremaja Residu Oli Terhadap Nilai *Flow***

(Sumber : Pradipta,2010)

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari uji yang telah dilakukan oleh Pradipta (2010) 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 kelelehannya semakin meningkat. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *flow*.

6. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas terhadap Nilai *MQ* (*Marshall Qoutient*)

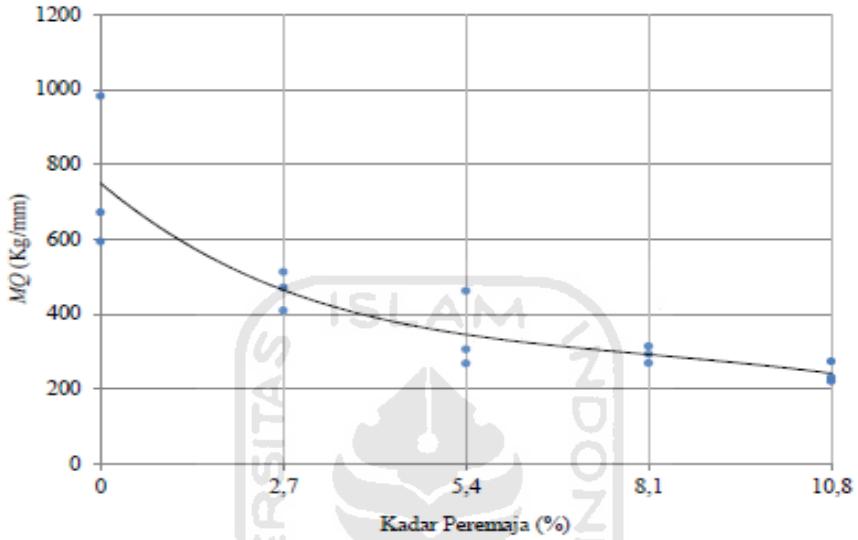
   Nilai *MQ* adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *Flow* yang digunakan untuk mengetahui tingkat fleksibilitas dari suatu lapisan perkerasan. Nilai *MQ* yang rendah maka menunjukkan tingkat dari fleksibiltas yang tinggi. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 5.20 sebagai berikut.




**Gambar 5. 20 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *MQ***

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja dengan nilai *Marshall Quotient* (*MQ*) maka dapat dilihat bahwasannya adanya penambahan kadar peremaja pada oli bekas 0% sampai dengan 2% dapat menaikkan nilai *MQ*. Pada kadar peremaja 3% merupakan kadar optimumnya, kemudian pada penambahan kadar peremaja oli bekas 4% sampai 5% terjadinya penurunan nilai *MQ* tetapi tidak terlalu signifikan, sehingga pada kadar peremaja tersebut campuran mudah untuk mengalami deformasi saat menerima suatu beban lalu lintas karena adanya

campuran yang cenderung lentur dan fleksibel. Penelitian ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh Alfathli (2019). Berikut adalah grafik hubungan kadar peremaja dan nilai *MQ* dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Alfathli (2019) dapat dilihat pada Gambar 5.21 sebagai berikut.



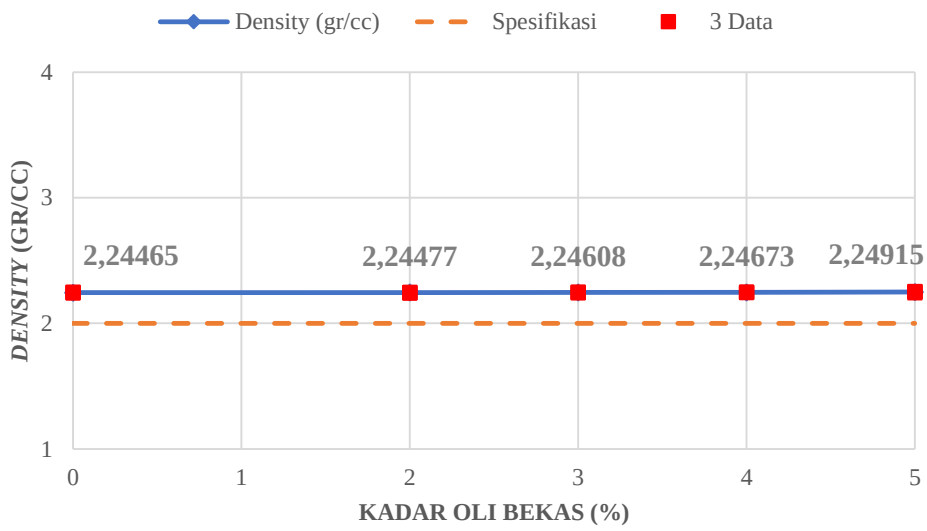

**Gambar 5. 21Grafik Hubungan Kadar Peremaja Minyak Goreng Bekas Pakai Terhadap Nilai *MQ***

(Sumber : Alfathli, 2019)

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

7. Pengaruh Kadar Peremaja Oli Bekas terhadap Nilai *Density* (Kepadatan)

   Kepadatan (*Density*) adalah tingkat kerapatan antara agregat dengan aspal pada suatu campuran perkerasan tertentu yang telah dipadatkan dan dinyatakan sebagai satuan gr/cc. Nilai *Density* yang tinggi menunjukkan nilai campuran yang semakin rapat dan padat. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *Density* dapat dilihat pada Gambar 5.22 sebagai berikut.




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

Berdasarkan grafik dari hubungan kadar peremaja oli bekas dengan nilai *Density* dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan seiring dengan penambahan kadar peremaja pada kadar 0% sampai 5% hal ini disebabkan oleh melunaknya material *RAP* serta kadar aspal optimum mengalami peningkatan seiring adanya penambahan kadar peremaja oli bekas. Penggunaan serat serabut kelapa pada penelitian ini memiliki pengaruh mengisi rongga-rongga antar agregat sehingga dapat meningkatkan nilai *Density*. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *Density*

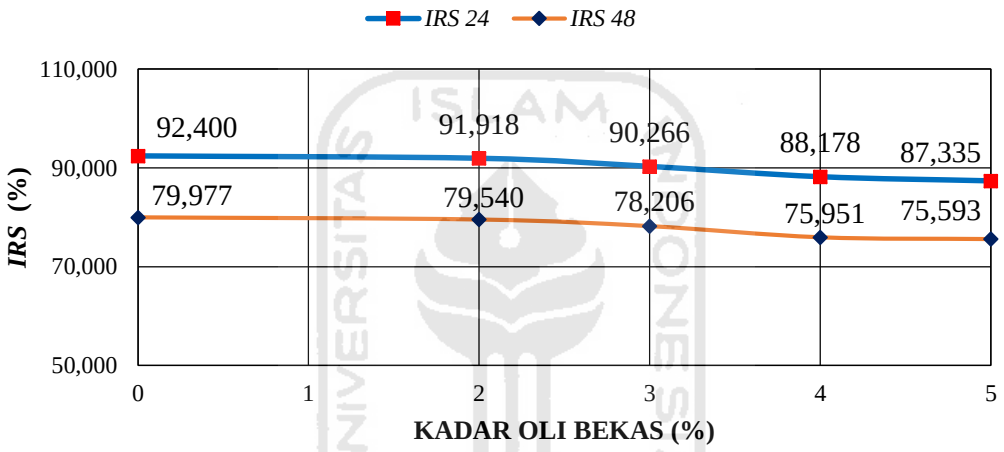
## 5.3 Karakteristik *Index of Retained Strength* (*IRS*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

Perbandingan dengan nilai stabilitas antara perendaman normal 30 menit dengan perendaman dengan waktu 24 jam dan 48 jam pada suhu 60$^{o}$C merupakan sebuah parameter yang ditinjau dari pengujian karakteristik *Index of Retained Strength* (*IRS*). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh air yang terkandung pada campuran beton aspal.

Berikut adalah rekapitulasi dari hasil pengujian *IRS* pada campuran *SMA* dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

**Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *IRS* pada Campuran *SMA***

| *Index of Retained Stength (IRS)* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kadar oli Bekas (%)** | **Stabilitas (kg)** | | | **Nilai *IRS* (%)** | |
| | **0,5 jam** | **24 jam** | **48 jam** | **24 jam** | **48 jam** |
| 0 | 932,02 | 852,87 | 738,2 | 92,400 | 79,977 |
| 2 | 1001,67 | 920,71 | 796,73 | 91,918 | 79,540 |
| 3 | 1061 | 957,72 | 829,76 | 90,266 | 78,206 |
| 4 | 901,04 | 794,52 | 684,35 | 88,178 | 75,951 |
| 5 | 871,14 | 760,82 | 658,52 | 87,335 | 75,593 |

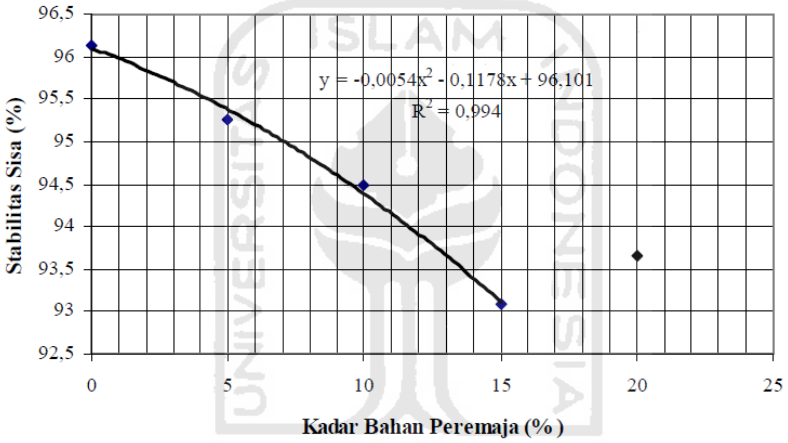



**Gambar 5. 23 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *IRS* 24 Jam dan *IRS* 48 Jam**

Berdasarkan grafik dari hubungan kadar peremaja oli bekas dengan nilai *IRS* dapat dilihat bahwa pada kadar peremaja 0% sampai 3% nilai *IRS* memenuhi syarat Bina Marga 2010 yaitu >90%, namun pada kadar peremaja 4% sampai 5% tidak memenuhi syarat dari Bina Marga 2010. Hal ini menunjukkan penambahan kadar peremaja oli bekas dapat menurunkan daya tahan (*Durability*) campuran dari beton aspal terhadap pengaruh air sehingga nilai *IRS* terjadinya penurunan pada kadar 0% ke 2%, 3%, 4%, 5% tetapi tidak secara signifikan. Penggunaan serat serabut kelapa pada penelitian ini memiliki pengaruh untuk mengisi ruang antar agregat yang dapat menyebabkan campuran menjadi lebih padat dan daya tahannya menjadi lebih baik terhadap rendaman air sehingga nilai *IRS* menurun. Pengaruh oli pada hasil

pengujian ini mengindikasikan penambahan yang berlebihan dari penggunaan oli bekas dapat melunakkan *RAP*.

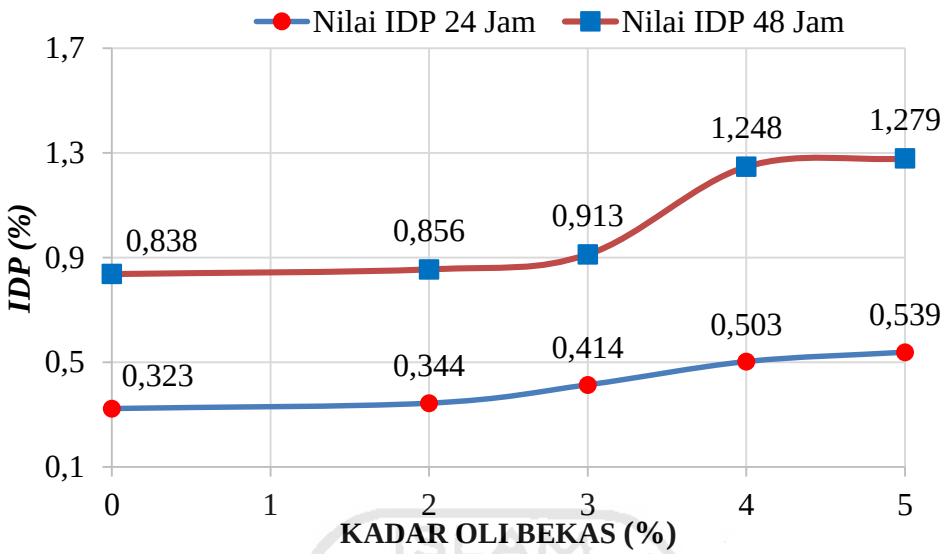
Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Kasan (2009) bahwa adanya kecenderungan penurunan nilai stabilitas sisa seiring bertambahnya dari kadar bahan peremaja solar dalam campuran aspal daur ulang. Hal ini disebabkan karena kurangnya daya dari *interlocking* antara agregat dalam campuran dan semakin kecilnya gaya kelekatan aspal terhadap agregat. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai signifikan terhadap nilai *IRS*. Grafik hubungan antara nilai *IRS* dengan penambahan kadar peremaja tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.24 sebagai berikut.




**Gambar 5. 24 Hubungan Kadar Peremaja dan Nilai *IRS***
(Sumber : Kasan, 2009)

## 5.4 Indeks Durabilitas Pertama (IDP) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

Hasil pengujian IDP berupa persentase kehilangan dari kekuatan suatu campuran selama perendaman. Grafik hasil IDP 24 jam dan 48 jam dapat dilihat pada Gambar 5.25 sebagai berikut.

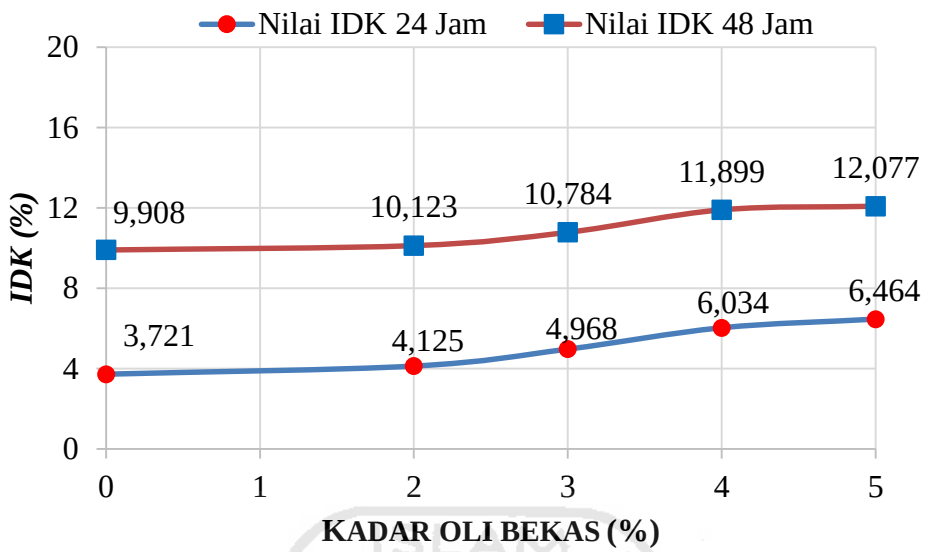



**Gambar 5. 25 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai IDP 24 Jam dan Nilai IDP 48 Jam**

Berdasarkan grafik dari hubungan kadar peremaja dengan nilai IDP 24 jam dan 48 jam dapat dilihat bahwa grafik selalu menunjukkan peningkatan sehingga mengindikasikan bahwa adanya kehilangan kekuatan seiring peningkatan pada kadar peremaja oli bekas. Pada grafik juga menunjukkan bahwa IDP 48 jam lebih besar kehilangan kekuatannya daripada IDP 24 jam karena adanya faktor dari lama perendaman yang membuat kekuatannya semakin menurun.

## 5.5 Indeks Durabilitas Kedua (IDK) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

Hasil pengujian IDK berupa indikator untuk melihat keadaan dimana tingkat durabilitas pada campuran aspal selain *IRS* dan IDP. Grafik hasil IDK 24 jam dan 48 jam dapat dilihat pada Gambar 5.26 sebagai berikut.



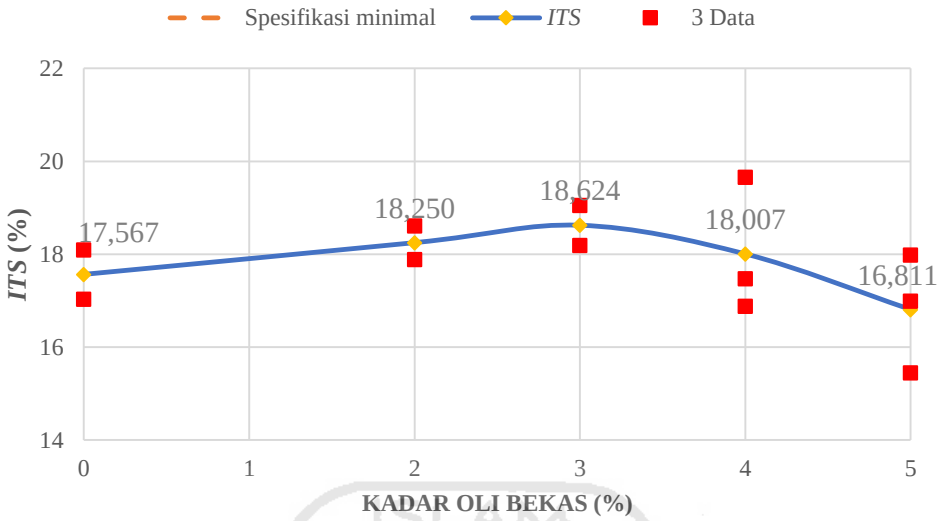

**Gambar 5. 26 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai IDK 24 Jam dan Nilai IDK 48 Jam**

Berdasarkan grafik dari hubungan kadar peremaja oli bekas dengan nilai IDK 24 jam dan 48 jam maka dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan angka adanya peningkatan diseluruh penambahan kadar peremaja oli bekas sehingga hal tersebut menjadi parameter bahwa adanya kehilangan kekuatan seiring peningkatan kadar peremaja oli bekas. Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa pada kehilangan kekuatan yang terjadi pada perendaman 48 jam relatif lebih tinggi daripada 24 jam, hal ini mengindikasikan bahwa perendaman yang semakin lama dapat meningkatkan persentase kehilangan kekuatan campuran.

## 5.6 Karakteristik *Indirect Tensile Streght* (*ITS*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

Hasil pengujian *ITS* berupa nilai kuat tarik tidak langsung dari campuran beton aspal dengan penambahan peremaja oli bekas pada material *RAP*. Nilai *ITS* yang tinggi sebagai indikator yang menunjukkan campuran beton aspal memiliki kuat tarik yang baik. Berikut adalah rekapitulasi dari hasil pengujian *Indirect Tensile Strength*, maka untuk memperoleh hasil nilai dari *Indirect Tensile Strength*

yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.27 sebagai berikut.

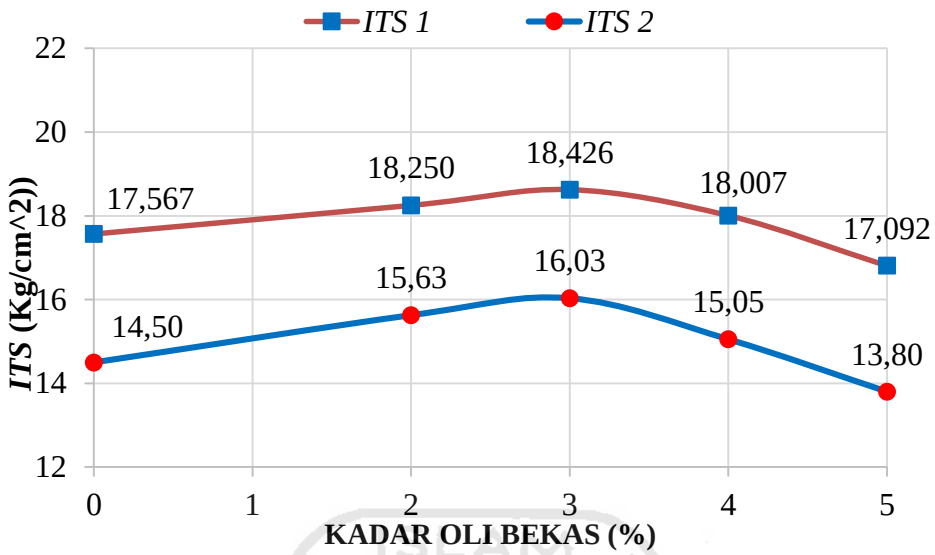



**Gambar 5. 27 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *ITS***

Berdasarkan dari grafik hubungan kadar peremaja oli bekas dengan nilai *ITS* dapat dilihat bahwa kadar 0% sampai 3% mengalami kenaikan, sedangkan 4% sampai 5% mengalami penurunan. Nilai *ITS* optimum berada pada kadar peremaja yaitu 3%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar peremaja oli bekas terhadap campuran menaikan nilai *ITS* pada titik optimum 3% kemudian seiring semakin banyak penambahan kadar peremaja dapat menurunkan dari nilai *ITS*. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai signifikan terhadap nilai *ITS*.

## 5.7 Karakteristik *Tensile Strength Ratio* (*TSR*) Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

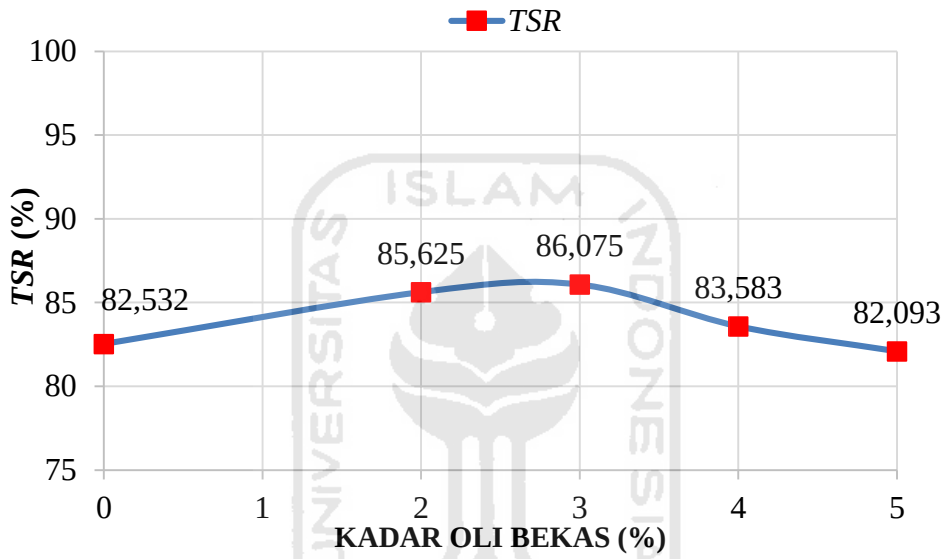
Hasil Pengujian *TSR* yaitu perbandingan dari indeks kuat tarik tidak langsung pada campuran beton aspal dengan adanya penambahan peremaja oli bekas pada material *RAP* antara *ITS* 1 *uncondition* adalah kekuatan tarik tidak langsung awal (kg/cm$^2$) dengan *ITS* 2 *condition* adalah kekuatan tarik tidak langsung dengan durasi perendaman yaitu 24 jam (kg/cm$^2$). Nilai *TSR* harus lebih besar dari 80% sesuai dengan persyaratan dari *Asphalt Institute*. Grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *ITS* 1 dan *ITS* 2 dilihat pada Gambar 5.28 sebagai berikut.




**Gambar 5. 28 Grafik Perbandingan Nilai *ITS* 1 & *ITS* 2**

Berdasarkan Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Nilai *ITS* 1 *uncondition* dan *ITS* 2 *condition* dapat dinyatakan bahwa pada pengujian *ITS* 1 *uncondition* dan *ITS 2 condition* dapat dinyatakan bahwa pada pengujian *ITS* 1 *uncondition* bermula dari kadar peremaja 0% sampai 3% nilai *ITS* mengalami kenaikan dan pada kadar peremaja 4% dan 5% mengalami penurunan. Hal ini juga terjadi pada pengujian *ITS* 2 *condition* yang mengalami kenaikan pada nilai *ITS* dengan rentang 0% sampai 3% dan mengalami penurunan pada kadar peremaja 4% dan 5%. Pada kedua pengujian *ITS* 1 *uncondition* dan *ITS* 2 *condition* memiliki kadar peremaja oli bekas 3% yang merupakan puncak optimum dari kadar peremaja oli bekas. Pengujian ini memiliki kemiripan dengan penelitian Alfathli (2019) yang menyatakan bahwa seiring adanya penambahan kadar peremaja semakin besar pula nilai *ITS* hingga mencapai suatu titik optimum nilai *ITS* menurun. Hal ini dapat diartikan pada titik optimum campuran tersebut dengan material *RAP* baru dapat menahan beban tarik yang besar yang dimana pada penelitian ini mencapai optimum untuk masing – masing pengujian *ITS* 1 *uncondition* sebesar 18,426 Kg/$cm^2$ dan *ITS* 2 *condition* sebesar 16,03 Kg/$cm^2$. Namun dari kedua pengujian *ITS* ini dapat dilihat bahwa nilai *ITS* 1 *uncondition* relatif tinggi daripada *ITS* 2 *condition* hal ini disebabkan karena adanya perbedaan treatment dari pengujian yaitu dengan adanya variasi

perendaman yang dilakukan dalam proses pengujian. Pengaruh dari penggunaan serat serabut kelapa pada pengujian kuat tarik ini yaitu untuk mengisi rongga pada antar agregat dan saling mengikat antar agregat satu sama lain, sehinga ikatan antar agregat kuat atau memiliki daya *interlocking* yang baik, maka untuk mendapatkan hasil nilai dari *Tensile Strength Ratio* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.29 sebagai berikut.



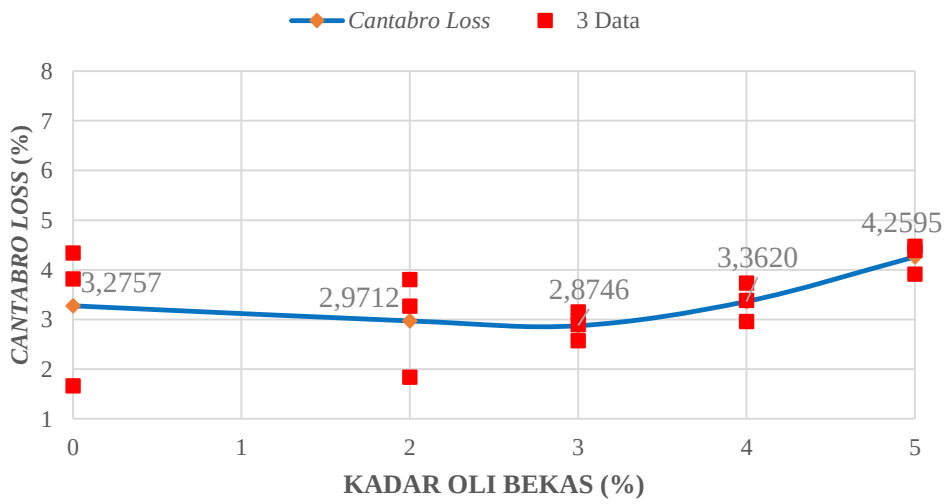

**Gambar 5. 29 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *TSR***

Berdasarkan grafik yang diperoleh peforma dari kinerja campuran untuk nilai *TSR* dari setiap kadar peremaja sudah memenuhi spesifikasi dengan nilai di atas 80% yang mengindikasikan campuran rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Pada kadar peremaja 0% sampai 3% nilai *TSR* mengalami peningkatan mengindikasikan bahwa kinerja campuran pada kadar tersebut, benda uji mampu menahan beban yang diberikan, namun seiring dengan bertambahnya kadar oli bekas pada pengujian tersebut mengalami penurunan sampai pada kadar 5%, hal ini dapat dinyatakan bahwa kinerja campuran dengan bertambahnya kadar peremaja dalam campuran maka nilai *TSR* relatif semakin menurun, akibat adanya penambahan dari peremaja yang berlebihan dapat menyebabkan material *RAP* melunak seiring dengan penambahan yang digunakan dalam campuran, sehingga

kuat tarik pada campuran menurun. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh air yang menurunkan sifat adhesi dan kohesi sehingga dapat menimbulkan keretakan antara aspal dengan agregat dan kekuatan campuran menjadi berkurang seiring dengan bertambahnya durasi dari perendaman. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Tajudin, dkk (2017) nilai *TSR* akan semakin menurun seiring adanya penambahan durasi perendaman. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh air dapat menyebabkan turunnya kekuatan ikatan antara agregat dengan aspal, sehingga kuat tariknya pun menjadi berkurang.

## 5.8 Karakteristik *Cantabro Loss* Penambahan Oli Bekas sebagai Peremaja *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan Serat Serabut Kelapa

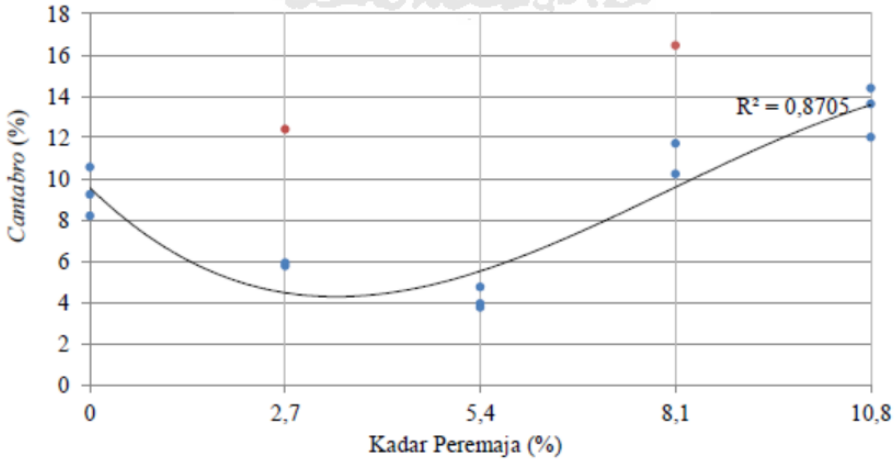
Hasil pengujian *Cantabro* berupa nilai ketahanan dan kekuatan dari sebuah benda uji terhadap pengaruh (tumbukan atau pembebanan) beban roda kendaraan berulang melintasi suatu lapis permukaan perkerasan yang dapat menurunkan sifat daya dan keausan perkerasan tersebut. Pengujian ini betujuan untuk mengetahui kehilangan dari berat benda uji setelah dilakukannya tes abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*. Hasil Pengujian campuran beton aspal dengan menggunakan jenis campuran yaitu *SMA* menggunakan pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.30 sebagai berikut.




**Gambar 5. 30 Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro***

Berdasarkan dari grafik hubungan antara kadar peremaja oli bekas dengan nilai *Cantabro* dapat diperoleh pada kadar 0% ke 3% mengalami penurunan dikarenakan pada kadar peremaja tersebut dapat membuat material *RAP* lebih mengikat dengan campuran baru yang menunjukkan daya ikat antar agregat dan ketahanan campuran semakin bagus, serta disintegrasi akibat benturan semakin kecil, sedangkan pada kadar 4% sampai 5% mengalami kenaikan pada nilai *Cantabro* dikarenakan *RAP* menjadi lebih lunak dan licin seiring adanya pertambahan kadar peremaja oli bekas yang membuat keterikatan antara campuran semakin berkurang. Pengaruh dari serat serabut kelapa pada pengujian ini adalah mengikat antar agregat untuk memperkuat campuran sehingga disintegrasi yang terjadi pada campuran akibat dari benturan dapat diperkecil. Hal ini sejalan dengan penelitian yang terdahulu yang telah dilakukan oleh Alfathli (2019) semakin banyaknya kadar peremaja minyak goreng bekas yang dipakai maka nilai dari *Cantabro* semakin menurun pada kadar peremaja tertentu kemudian mengalami kenaikan.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alfathli (2019). Berikut adalah grafik hubuungan kadar peremaja dan nilai Cantabro dari hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Alfathli (2019) dapat dilihat pada Gambar 5.31 berikut.




**Gambar 5. 31 Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro***

Berdasarkan grafik hubungan kadar peremaja dengan nilai *Cantabro* dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar peremaja minyak goreng bekas pakai maka nilai *Cantabro* semakin menurun pada kadar Peremaja tertentu kemudian mengalami kenaikan. Hasil pengujian statistik *ANOVA* menunjukkan nilai tidak signifikan terhadap nilai *Cantabro*.

### 5.9 Pengaruh Kadar Peremaja terhadap Karakteristik Campuran *SMA*

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat diperoleh hasil kesimpulan bahwa kadar peremeja oli bekas yang digunakan dengan menggunakan kadar variasi kadar oli bekas 0%, 2%, 3%, 4%, dan 5% masing-masing memberikan pengaruh terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* yang berbeda pada kinerjanya.

Pengaruh penambahan variasi oli bekas sebagai bahan peremaja pada material *RAP* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan menggunakan serat serabut kelapa dapat meningkatkan beberapa parameter pengujian yang terletak pada kondisi optimum pada rentang kadar 2% - 3%, namun seiring dengan adanya penambahan kadar peremaja memberikan efek deformasi pada campuran akibat aspal lama pada material *RAP* melunak hingga menurunkan daya lekat terhadap agregat dan menurunkan daya dari *interlocking* agregat pada campuran. Pada penelitian ini disarankan rentang yang digunakan pada kadar peremaja 2% - 3% dengan kadar peremaja optimum yang diperoleh sebesar 2,5% dari berat aspal lama pada material *RAP* dengan adanya pertambahan serat serabut kelapa juga dapat mempengaruhi ketika berada di kadar optimum ketika itu serat serabut kelapa dapat bekerja dengan maximal untuk mengisi rongga dan mampu bekerja maximal dengan campuran *RAP* dengan bahan peremaja ketika bahan peremaja semakin berlebihan maka aspal kurang maximal dalam menyelimuti dengan serat serabut kelapa karena bahan peremaja yang berlebihan dapat membuat aspal menjadi encer.

Berikut merupakan hasil dari rekapitulasi hasil pengujian karakteristik campuran *SMA* 0/11 yang telah disimpulkan dan dirangkum dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

**Tabel 5. 20 Rangkuman Hasil Pengujian Campuran *SMA 0/11***

| **Parameter** | **Kadar Peremaja Oli Bekas (%)** | | | | | **Statistik** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **2** | **3** | **4** | **5** | ***ANOVA*** |
| Stabilitas (Kg) | 923,02 | 1001,67 | 1061,00 | 901,04 | 871,14 | Signifikan |
| *Flow* (mm) | 3,67 | 3,7 | 3,73 | 3,77 | 3,8 | Tidak Signifikan |
| *MQ* (kg/mm) | 251,91 | 270,89 | 284,25 | 239,26 | 229,35 | Signifikan |
| *VITM* (%) | 4,92 | 4,91 | 4,85 | 4,78 | 4,69 | Tidak Signifikan |
| *VFWA* (%) | 76,6 | 76,62 | 76,95 | 77,23 | 77,56 | Tidak Signifikan |
| *VMA* (%) | 21,03 | 21,02 | 21,00 | 20,99 | 20,89 | Tidak Signifikan |
| *Density* (gr/cc) | 2,24465 | 2,24477 | 2,24543 | 2,24673 | 2,24915 | Tidak Signifikan |
| *IRS* 24jam (%) | 852,87 | 920,71 | 957,72 | 794,52 | 760,82 | Signifikan |
| *IRS* 48 jam (%) | 738,2 | 796,73 | 829,76 | 684,35 | 658,52 | Signifikan |
| *ITS 1* (Kg/cm2) | 17,567 | 18,25 | 18,624 | 18,007 | 16,811 | Signifikan |
| ITS 2 (Kg/cm2) | 14,499 | 15,626 | 16,031 | 15,051 | 13,800 | Tidak Signifikan |
| *Cantabro* Loss (%) | 3,2757 | 2,9712 | 2,8746 | 3,362 | 4,2595 | Tidak Signifikan |

Berdasarkan Gambar 5.32 untuk pengaruh penambahan bahan peremaja material *RAP* terhadap campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 cenderung dapat meningkatkan beberapa parameter uji yang telah ditinjau, namun seiring dengan adanya penambahan kadar peremaja yang ditambahkan setelah rentang yang disarankan pada penelitian ini, bahan peremaja tersebut dapat memberikan efek

deformasi akibat dari melunaknya *RAP*. Pada penelitian ini disarankan bahwa rentang kadar peremaja yaitu pada 2% - 3% untuk memperoleh hasil yang baik dan pada kadar 2,5% merupakan hasil optimal dari berat aspal lama pada material *RAP*.

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengaruh bahan peremaja oli bekas pada *RAP* terhadap karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dengan menggunakan serat serabut kelapa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan variasi kadar peremaja oli bekas sebagai bahan peremaja meningkatkan nilai dari Stabilitas dan *MQ* hingga pada keadaan optimum yaitu pada kadar 2%-3% kemudian mengalami penurunan seiring adanya penambahan kadar peremaja, sedangkan nilai *Flow*, *VFWA*, dan *Density* mengalami kenaikan seiring adanya penambahan kadar peremaja oli bekas. Penambahan variasi kadar peremaja oli bekas memiliki kekuatan yang optimal dari kadar 2% sampai 3% namun seiring semakin tingginya penambahan kadar peremaja yang diberikan maka dapat menyebabkan terjadinya deformasi dikarenakan aspal lama pada *RAP* yang ditambahkan dengan peremaja oli bekas menjadi terlalu lunak sehingga menurunkan daya lekat (*interlocking)* terhadap agregat dan menurunkan daya lekat (*interlocking)* antar agregat pada campuran.
2. Pengaruh variasi kadar peremaja oli bekas menurunkan nilai dari *Index of Retained Strength* (*IRS*) seiring dengan adanya penambahan kadar peremaja oli bekas baik dari variasi perendaman 24 jam maupun dengan variasi perendaman 48 jam. Pada penelitian ini hasil pengujian *Index of Retained Strength* (*IRS*) 24 jam mengalami penurunan seiring dengan adanya pertambahan kadar peremaja oli bekas dari kadar 0% sampai 5%. Pada penelitian ini nilai *IRS* kadar 0% hingga 3% yaitu 92,400%, 91,918%, 90,266% sehingga telah memenuhi standar dari Bina Marga tahun 2010 yaitu 90%, sedangkan pada kadar 4% hingga 5% yaitu 88,178%, 87,335%, sehingga tidak memenuhi dari standar Bina Marga Tahun 2010 yaitu 90%. Dan nilai *IRS* 2 hasilnya dari kadar peremaja 0% sampai 5% tidak ada yang memenuhi dari spesfikasi Bina Marga 2010 yang hasilnya di bawah dari 90% nilai yang diperoleh dari pengujian *IRS* 2 yang telah direndam

di *waterbath* selama 48 jam dengan suhu 60C yaitu 79,977%, 79,540%, 78,206%, 75,951%, 75,593% karena disebabkan rendaman 48 jam mempengaruhi kohesi dan gaya ikat antar agregat dengan aspal. Penambahan variasi kadar peremaja oli bekas pakai pada kadar 0% sampai 3% dengan campuran *RAP* aspal baru bergradasi *SMA* 0/11 memiliki ketahanan terhadap pengaruh dari perubahan cuaca dan beban dari lalu lintas.

3. Penambahan variasi kadar peremaja oli bekas pada campuran *RAP* aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 cenderung meningkatkan nilai dari *indirect tensile strength* (*ITS*) baik *ITS uncondition* maupun *ITS condition* hingga kondisi optimum didapatkan pada kadar 2%-3% kemudian mengalami penurunan pada kadar 4%-5% karena tidak bekerja secara maximal karena kelebihan bahan peremaja yang dapat berakibat mengurangi daya ikatnya karena peremaja menyebabkan *RAP* melunak dan tidak bekerja secara maximal. Nilai *ITS uncondition* dan *ITS condition* memperoleh nilai optimum yaitu pada kadar 3% sebesar 18,625% Kg/$cm^2$ dan 86,075% Kg/$cm^2$. Dari pengujian ini juga dihasilkan nilai *Tensile Strength Ratio* (*TSR*) yang seiring adanya penambahan kadar peremaja nilai *TSR* relatif menurun dengan nilai yang diperoleh yaitu 82,532%, 85,625%, 86,075%, 83,583 %, 82,093%. Hasil setiap variasi kadar peremaja untuk nilai *TSR* yang ditambahkan telah memenuhi standar spesifikasi dari *The Asphalt Institude* > 80%.
4. Berdasarkan grafik hubungan antara kadar peremaja oli bekas dengan karakteristik campuran *RAP* aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 dapat disimpulkan bahwa penambahan oli bekas sebagai bahan peremaja pada *RAP* berpengaruh terhadap karakterisitk dari campuran *RAP* aspal baru *SMA* 0/11 dengan kadar peremaja yang telah disarankan pada rentang 2% sampai 3% terhadap berat aspal pada material *RAP*.
5. Pada campuran *RAP* aspal baru bergradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 nilai *Cantabro Loss* menurun pada kadar 0% sampai 3% dengan hasil 3,276%, 2,971%, dan 2,875% kemudian mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada kadar 3% sampai 5% dengan hasil 3,362%, dan 4,260%. pada hasil yang paling sedikit kehilangannya dipengujian *Cantabro* ini terdapat pada kadar

peremaja 3% peremajanya dengan baik meremajakan aspal lama pada *RAP* dan daya ikatnya lebih optimal. Nilai *Cantabro* pada penelitian ini untuk masing-masing variasi kadar peremaja masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 berat kehilangan ≤ 20%.

## 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut.

1. Pada campuran *RAP* aspal baru dengan gradasi *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 yang menggunakan oli bekas sebagai bahan peremaja material *RAP* yang telah disarankan menggunakan kadar peremaja pada kadar 2%-3% untuk memperoleh sebuah campuran yang stabil dan tidak getas serta cukup baik dalam menerima beban lalu lintas.
2. Pada penelitian ini sifat kimiawi pada kandungan oli bekas dan serat serabut kelapa diabaikan, maka untuk penelitian selanjutnya diperlukan pengujian yang lebih mendalam terhadap sifat kimiawi yang terkandung di dalam oli bekas dan serat serabut kelapa.
3. Pada penelitian ini penggunaan material pengganti dari serat selulosa yaitu serat selulosa organik dari serat serabut kelapa pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 tidak menggunakan variasi, sehingga belum terlihat spesifik pengaruh dari *Mastic* atau serat organik yang digunakan pada kinerja campuran, maka untuk penelitian yang selanjutnya dapat menambahkan variasi dari serat selulosa organik yang digunakan pada campuran *Split Mastic Asphalt* (*SMA*) 0/11 untuk memperoleh komposisi campuran yang lebih mendalam.
4. Penelitian pada *RAP* juga harusnya diperhatikan karena masih mengabaikan dari proses pengambilan *RAP* karena tidak tahu asal dari *RAP* tersebut yang memungkinkan kandungan *RAP* tersebut untuk *surface* atau *basecourse* yang dapat mempengaruhi campuran dengan agregat baru untuk memperoleh suatu perkerasan yang baik dan mampu diterapkan di lapangan.

5. Pada penelitian selanjutnya agar melakukan pengujian karakteristik dari aspal pen 60/70 dan aspal *RAP* yang ditambahkan bahan peremaja untuk dilakukan perbandingan.

# DAFTAR PUSTAKA


Alfathli, M. 2019. Pengaruh Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Peremaja *RAP* Terhadap Campuran Aspal Bergradasi *Split Mastic Ashalt* 0/11. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

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 Institude.1993. *Mix Design Methods For Asphalt Concrete And Other Hotmix Types Manual Series* No. 6, *Sixth Edition*, Lexington, USA.

Boentarto. 2003. Panduan Praktis Tune Up Mesin Mobil, cetakan 1. Jakarta: Kawan Pustaka.

Dahlan, Hatta. 2014. Pemisahan Oli Bekas Dengan Menggunakan Kolom Filtrasi dan Membran Keramik Berbahan Baku Zeolit Dan Lempung, Vol.20, No.1, 2014, Palembang: Fakultas Teknik UNSRI.

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum* 2010 *divisi* 6. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

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

Faradina, A. 2018. Penambahan Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok *(Eichornia Crassipes*) Terhadap Kadar Aspal Dalam Campuran Aspal Bergradasi Senjang. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Samarinda. Samarinda.

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.

Lake, G. 2010. Kinerja Campuran *Split Mastic Asphalt* dengan Beberapa Material dari Kalimantan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Universitas Brawijaya. Malang.

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 Menggunakan Daur ulang Perkerasan Beraspal. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

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*) Kendaraan Terhadap Umur Rencana Jalan Dan Ketebalan Lapisan Perkerasan Dengan Metode Binamarga 2002. *Naskah Publikasi Ilmiah*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Razali, A. 2011. Penggunaan Batu Kapur Super Lolos #325 Sebagai Filler Pengganti Pada *Campuran Split Mastic Asphalt Grading 0/11*. *Jurnal Teknik sipil*. Vol 2 No. 2. Universitas Bengkulu. Bengkulu.

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

Sugandono, J dan Rachmawati, D. 2001. Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa Pada Campuran *SMA (Split Mastic Asphalt). Tugas Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung: Penerbit Nova.

Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya Jilid 2.* Bandung: Nova.

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

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*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

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

Tajudin, A, N., Suparma, L, B. 2017. Pengaruh Rendaman Pada *Indirect Tensile Strength* Campuran *AC-BC* Dengan Limbah Plastik Sebagai Agregat Pengganti. *Jurnal Teknik Sipil*. Media Komunikasi Teknik Sipil.

# LAMPIRAN

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

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan**

## PENERIKSAAN 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 | berar 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 3 Form 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 ℃, 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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 3205, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

**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
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 11 Pemeriksaan *Sand Equivalent***

## PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : Jumat, 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 12 Pemeriksaan Keausan Agregat**

## PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : Jumat, 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 13 Pemeriksaan Penetrasi Aspal pada Material *RAP***

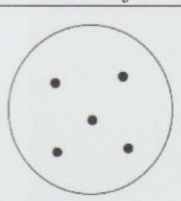
## PEMERIKSAAN PENETRASI MATERIAL *RAP*

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
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 | 52 |  |  |
| 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 14 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal pada Material *RAP***

## PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK MATERIAL *RAP*

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | P | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | 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 | 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

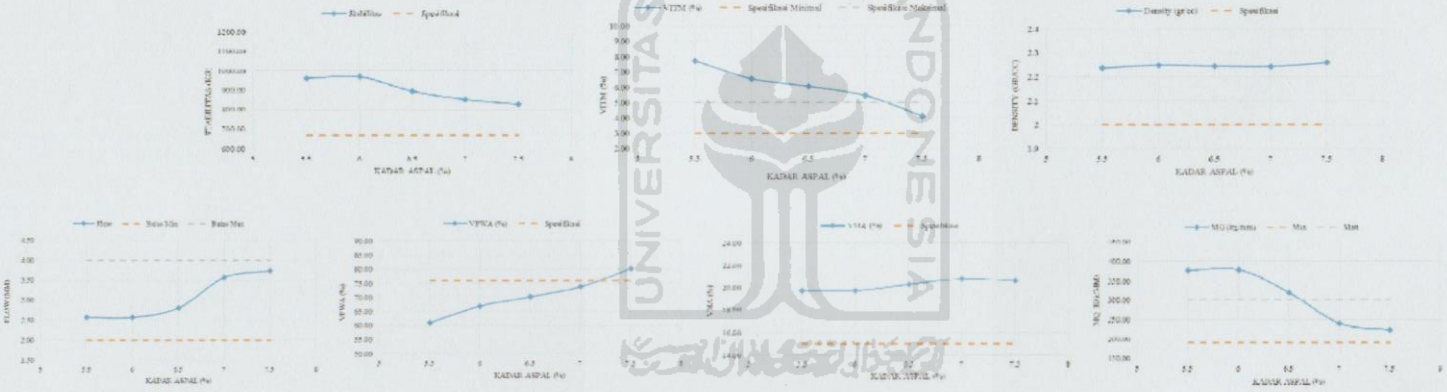
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 16 Grafik 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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

## Lampiran 17 Hasil Pengujian *Marshall* Menentukan KAO pada Kadar Peremaja 2%

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

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

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | 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 | 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 | 1237.46 | 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 | 79.6931 | 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 | 78.08 | 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 | 768.08 | 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

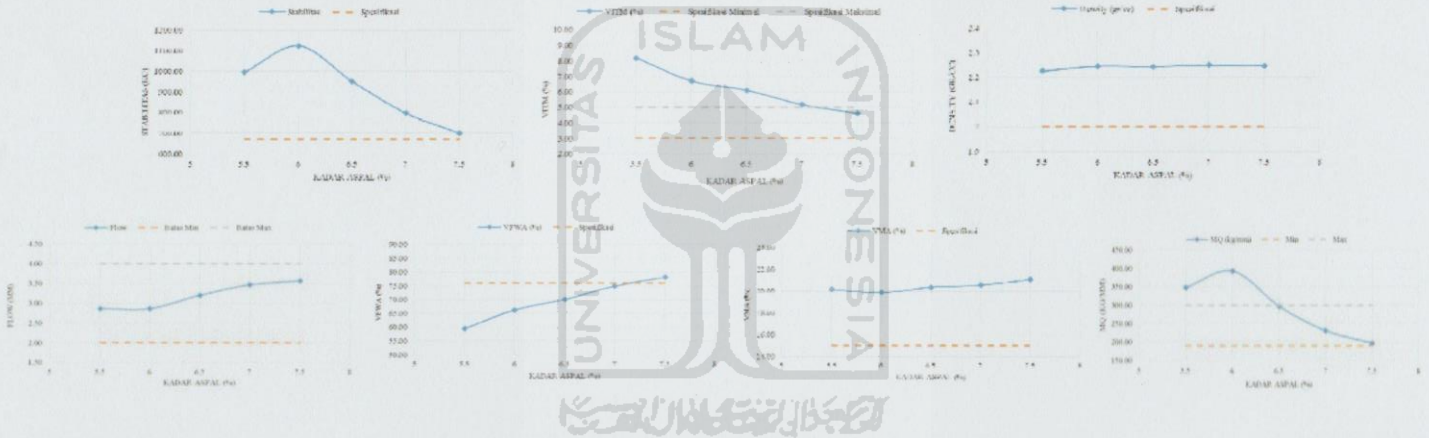
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

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

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

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

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | 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 | 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 | 79.2102 | 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 | 79.2324 | 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** | | | | | **20.988** | **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 | 79.4043 | 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 | 21.13 | 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

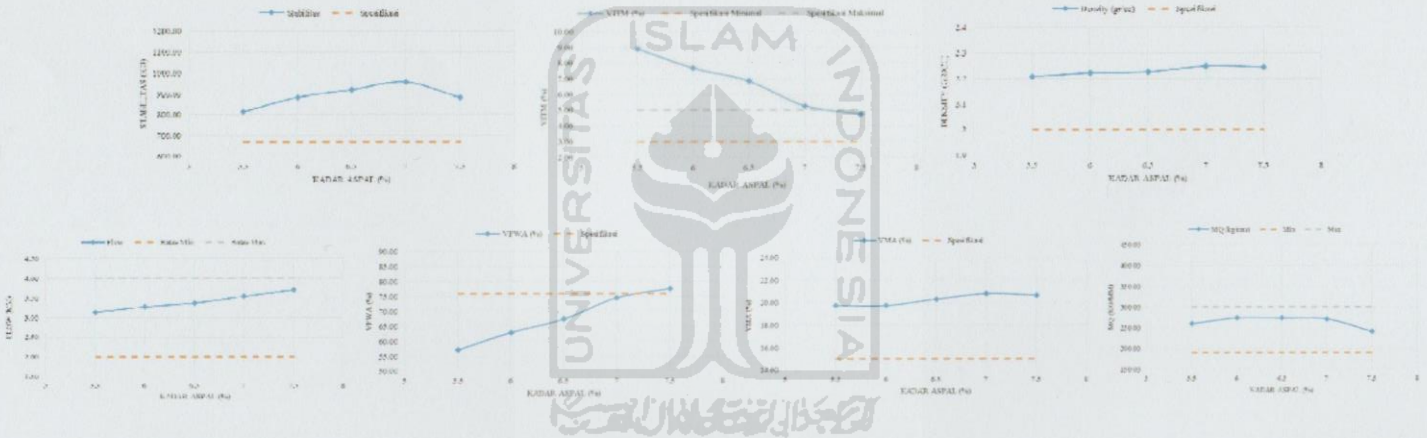
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 20 Grafik 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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung Kit. 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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | 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 | 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 | 4.890 | 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

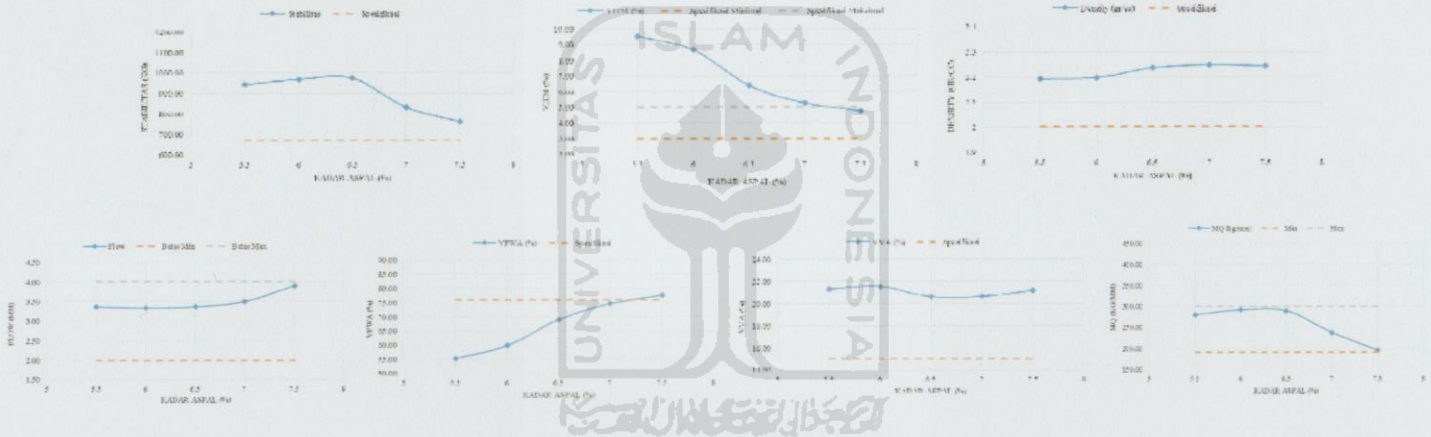
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 22 Grafik 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 : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

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

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

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

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | 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 | 79.1935 | 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,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

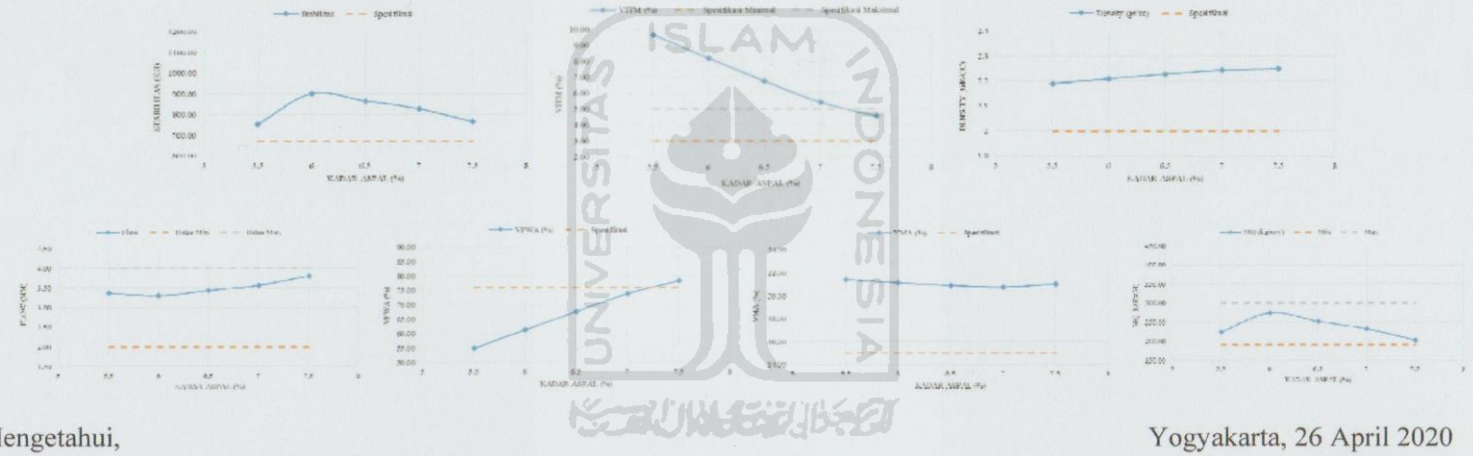
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

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

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

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

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.



Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

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

## PENGUJIAN *MARSHALL* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 13 November 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | P | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | MQ (Kg/mm) |
| 0A | 65,17 | 7,92 | 7,34 | 1164,96 | 1172,3 | 652,75 | 519,57 | 2,242 | 2,361 | 16,087 | 78,8864 | 5,026 | 21,11 | 76,19 | 5,03 | 67 | 974,40 | 0,96 | 934,20 | 3,80 | 245,84 |
| 0B | 65,29 | 7,92 | 7,34 | 1163,15 | 1169,2 | 651,81 | 517,38 | 2,248 | 2,361 | 16,130 | 79,0972 | 4,772 | 20,90 | 77,17 | 4,77 | 65 | 945,31 | 0,96 | 904,13 | 3,50 | 258,32 |
| 0C | 62,87 | 7,92 | 7,34 | 1164,65 | 1171,3 | 652,18 | 519,09 | 2,244 | 2,361 | 16,098 | 78,9383 | 4,964 | 21,06 | 76,43 | 4,96 | 63 | 916,23 | 1,02 | 930,73 | 3,70 | 251,55 |
| | | | | | | | | **2,245** | | | | | **21,03** | **76,60** | **4,92** | | | | **923,02** | **3,67** | **251,91** |
| 2A | 65,79 | 7,92 | 7,34 | 1164,03 | 1168,5 | 649,14 | 519,36 | 2,241 | 2,361 | 16,081 | 78,8566 | 5,062 | 21,14 | 76,06 | 5,06 | 72 | 1047,11 | 0,95 | 991,68 | 3,70 | 268,02 |
| 2B | 66,74 | 7,92 | 7,34 | 1165,6 | 1169,16 | 650,27 | 518,89 | 2,246 | 2,361 | 16,117 | 79,0345 | 4,848 | 20,97 | 76,88 | 4,85 | 75 | 1090,74 | 0,93 | 1013,30 | 3,60 | 281,47 |
| 2C | 66,06 | 7,92 | 7,34 | 1165,18 | 1168,59 | 649,97 | 518,62 | 2,247 | 2,361 | 16,120 | 79,0472 | 4,833 | 20,95 | 76,93 | 4,83 | 73 | 1061,66 | 0,94 | 1000,02 | 3,80 | 263,16 |
| | | | | | | | | **2,245** | | | | | **21,02** | **76,62** | **4,91** | | | | **1001,67** | **3,70** | **270,89** |
| 3A | 66,66 | 7,96 | 7,37 | 1166,57 | 1170,32 | 651,58 | 518,74 | 2,249 | 2,360 | 16,201 | 79,0975 | 4,701 | 20,90 | 77,51 | 4,70 | 78 | 1134,37 | 0,93 | 1055,82 | 3,80 | 277,85 |
| 3B | 66,97 | 7,96 | 7,37 | 1161,22 | 1164,92 | 647,39 | 517,53 | 2,244 | 2,360 | 16,165 | 78,9189 | 4,916 | 21,08 | 76,68 | 4,92 | 77 | 1119,83 | 0,92 | 1033,88 | 3,70 | 279,43 |
| 3C | 66,18 | 7,96 | 7,37 | 1165,29 | 1169,41 | 650,49 | 518,92 | 2,246 | 2,360 | 16,178 | 78,9833 | 4,839 | 21,02 | 76,98 | 4,84 | 80 | 1163,46 | 0,94 | 1093,29 | 3,70 | 295,48 |
| | | | | | | | | **2,246** | | | | | **21,00** | **77,06** | **4,82** | | | | **1061,00** | **3,73** | **284,25** |
| 4A | 63,55 | 7,97 | 7,38 | 1165,83 | 1168,05 | 649,64 | 518,41 | 2,249 | 2,359 | 16,223 | 79,0891 | 4,687 | 20,91 | 77,58 | 4,69 | 71 | 1032,57 | 0,91 | 938,09 | 3,80 | 246,87 |
| 4B | 66,93 | 7,97 | 7,38 | 1169,41 | 1171,41 | 650,86 | 520,55 | 2,246 | 2,359 | 16,206 | 79,0059 | 4,788 | 20,99 | 77,19 | 4,79 | 69 | 1003,48 | 0,90 | 905,90 | 3,70 | 244,84 |
| 4C | 67,54 | 7,97 | 7,38 | 1166,87 | 1169,7 | 649,9 | 519,8 | 2,245 | 2,359 | 16,194 | 78,948 | 4,858 | 21,05 | 76,93 | 4,86 | 65 | 945,31 | 0,91 | 859,13 | 3,80 | 226,09 |
| | | | | | | | | **2,247** | | | | | **20,99** | **77,23** | **4,78** | | | | **901,04** | **3,77** | **239,26** |
| 5A | 63,94 | 7,96 | 7,37 | 1160,19 | 1164,67 | 647,4 | 517,27 | 2,243 | 2,360 | 16,159 | 78,8885 | 4,953 | 21,11 | 76,54 | 4,95 | 60 | 872,60 | 0,99 | 863,00 | 3,90 | 221,28 |
| 5B | 65,35 | 7,96 | 7,37 | 1165,75 | 1169,68 | 652,5 | 517,18 | 2,254 | 2,360 | 16,239 | 79,2803 | 4,481 | 20,72 | 78,37 | 4,48 | 62 | 901,68 | 0,96 | 861,39 | 3,70 | 232,81 |
| 5C | 64,69 | 7,96 | 7,37 | 1165,82 | 1172,93 | 654,9 | 518,03 | 2,250 | 2,360 | 16,213 | 79,155 | 4,632 | 20,84 | 77,78 | 4,63 | 63 | 916,23 | 0,97 | 889,04 | 3,80 | 233,96 |
| | | | | | | | | **2,249** | | | | | **20,89** | **77,56** | **4,69** | | | | **871,14** | **3,80** | **229,35** |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 26 Grafik Pengujian *Marshall* 0,5 Jam dengan KAO**

**PENGUJIAN *MARSHALL* DARI HASIL KAO**

Tanggal Pengujian : Rabu, 13 November 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D.

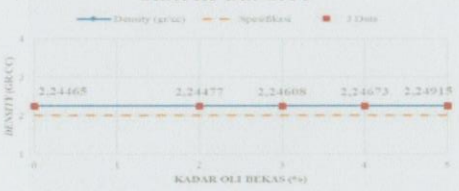
GRAFIK STABILITAS



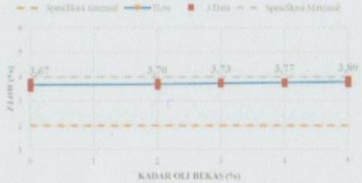

GRAFIK *VIM*



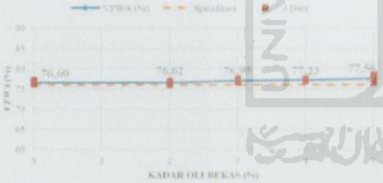

GRAFIK *DENSITY*




GRAFIK *FLOW*



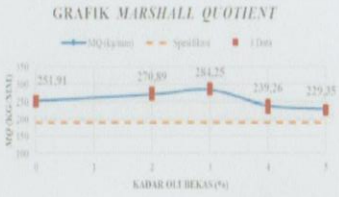

GRAFIK *VFWA*




GRAFIK *VMA*




GRAFIK *MARSHALL QUOTIENT*




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 27 Hasil Terhadap Pengujian *IRS* 24 Jam dengan KAO**

## PENGUJIAN *MARSHALL* JAM DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 20 November 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | MQ (Kg/mm) |
| 0A | 68,62 | 7,92 | 7,34 | 1228 | 1246,58 | 679,04 | 567,54 | 2,164 | 2,361 | 15,525 | 76,128 | 8,347 | 23,87 | 65,03 | 8,35 | 64 | 930,77 | 0,88 | 822,86 | 3,70 | 222,39 |
| 0B | 68,70 | 7,92 | 7,34 | 1174,55 | 1180,9 | 668,8 | 512,1 | 2,294 | 2,361 | 16,456 | 80,6973 | 2,846 | 19,30 | 85,26 | 2,85 | 68 | 988,94 | 0,88 | 872,74 | 3,40 | 256,69 |
| 0C | 67,88 | 7,92 | 7,34 | 1173,5 | 1182,31 | 667,2 | 515,11 | 2,278 | 2,361 | 16,346 | 80,1541 | 3,500 | 19,85 | 82,36 | 3,50 | 66 | 959,85 | 0,90 | 863,02 | 3,60 | 239,73 |
| | | | | | | | | **2,245** | | | | | **21,01** | **77,55** | **4,90** | | | | **852,87** | **3,57** | **239,60** |
| 2A | 66,11 | 7,92 | 7,34 | 1171,82 | 1177,56 | 661,64 | 515,92 | 2,271 | 2,361 | 16,297 | 79,9137 | 3,790 | 20,09 | 81,13 | 3,79 | 65 | 945,31 | 1,00 | 942,40 | 3,65 | 258,19 |
| 2B | 68,09 | 7,92 | 7,34 | 1168,05 | 1178,79 | 650,29 | 528,5 | 2,210 | 2,361 | 15,858 | 77,7605 | 6,382 | 22,24 | 71,30 | 6,38 | 65 | 945,31 | 0,99 | 936,33 | 3,60 | 260,09 |
| 2C | 66,99 | 7,92 | 7,34 | 1175,46 | 1182,56 | 662,21 | 520,35 | 2,259 | 2,361 | 16,208 | 79,4794 | 4,312 | 20,52 | 78,98 | 4,31 | 63 | 916,23 | 0,96 | 883,39 | 3,80 | 232,47 |
| | | | | | | | | **2,247** | | | | | **20,95** | **77,14** | **4,83** | | | | **920,71** | **3,68** | **250,25** |
| 3A | 67,37 | 7,96 | 7,37 | 1174,8 | 1179,11 | 657,84 | 521,27 | 2,254 | 2,360 | 16,237 | 79,2689 | 4,495 | 20,73 | 78,32 | 4,49 | 68 | 988,94 | 0,92 | 911,72 | 3,75 | 243,13 |
| 3B | 64,56 | 7,96 | 7,37 | 1171,34 | 1177,01 | 655,52 | 521,49 | 2,246 | 2,360 | 16,182 | 79,0021 | 4,816 | 21,00 | 77,06 | 4,82 | 72 | 1047,11 | 0,93 | 978,53 | 3,65 | 268,09 |
| 3C | 65,62 | 7,96 | 7,37 | 1172,69 | 1177,56 | 655,9 | 521,66 | 2,248 | 2,360 | 16,195 | 79,0674 | 4,737 | 20,93 | 77,37 | 4,74 | 70 | 1018,03 | 0,97 | 982,91 | 3,70 | 265,65 |
| | | | | | | | | **2,249** | | | | | **20,89** | **77,58** | **4,68** | | | | **957,72** | **3,70** | **258,96** |
| 4A | 65,47 | 7,97 | 7,38 | 1179,55 | 1187,68 | 656,89 | 530,79 | 2,222 | 2,359 | 16,032 | 78,1535 | 5,815 | 21,85 | 73,38 | 5,81 | 59 | 858,05 | 0,96 | 826,95 | 3,85 | 214,79 |
| 4B | 65,93 | 7,97 | 7,38 | 1181,72 | 1186,11 | 663,86 | 522,25 | 2,263 | 2,359 | 16,324 | 79,5776 | 4,099 | 20,42 | 79,93 | 4,10 | 56 | 814,42 | 0,91 | 742,69 | 3,70 | 200,73 |
| 4C | 65,54 | 7,97 | 7,38 | 1179,97 | 1187,5 | 670,22 | 517,28 | 2,281 | 2,359 | 16,456 | 80,2232 | 3,321 | 19,78 | 83,21 | 3,32 | 58 | 843,51 | 0,96 | 813,92 | 3,80 | 214,19 |
| | | | | | | | | **2,255** | | | | | **20,68** | **78,84** | **4,41** | | | | **794,52** | **3,78** | **209,90** |
| 5A | 66,26 | 7,96 | 7,37 | 1170,09 | 1175,72 | 651,02 | 524,7 | 2,230 | 2,360 | 16,066 | 78,435 | 5,499 | 21,56 | 74,50 | 5,50 | 58 | 843,51 | 0,88 | 740,71 | 3,95 | 187,52 |
| 5B | 65,53 | 7,96 | 7,37 | 1172,05 | 1177,44 | 651,78 | 525,66 | 2,230 | 2,360 | 16,063 | 78,4229 | 5,514 | 21,58 | 74,45 | 5,51 | 55 | 799,88 | 0,96 | 767,68 | 3,70 | 207,48 |
| 5C | 65,68 | 7,96 | 7,37 | 1175,43 | 1181,43 | 672,48 | 508,95 | 2,310 | 2,360 | 16,638 | 81,2313 | 2,130 | 18,77 | 88,65 | 2,13 | 56 | 814,42 | 0,95 | 774,06 | 3,80 | 203,70 |
| | | | | | | | | **2,256** | | | | | **20,64** | **79,20** | **4,38** | | | | **760,82** | **3,82** | **199,57** |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 28 Hasil Terhadap Pengujian *IRS* 48 Jam dengan KAO**

## PENGUJIAN *MARSHALL* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 8 Januari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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 (%) | VITM (%) | Meas | | Koreksi | Stabilitas (kg) | Flow (mm) | MQ (Kg/mm) |
| 0A | 67,33 | 7,92 | 7,34 | 1172,5 | 1180,05 | 660,08 | 519,97 | 2,255 | 2,361 | 16,179 | 79,3372 | 4,484 | 20,66 | 78,30 | 4,48 | 54 | 785,34 | 1,00 | 784,81 | 3,70 | 212,11 |
| 0B | 67,64 | 7,92 | 7,34 | 1175,71 | 1184,81 | 658,61 | 526,2 | 2,234 | 2,361 | 16,031 | 78,6125 | 5,356 | 21,39 | 74,96 | 5,36 | 49 | 712,62 | 0,98 | 697,36 | 3,90 | 178,81 |
| 0C | 66,41 | 7,92 | 7,34 | 1173,5 | 1182,31 | 659,2 | 523,11 | 2,243 | 2,361 | 16,096 | 78,9283 | 4,976 | 21,07 | 76,39 | 4,98 | 51 | 741,71 | 0,99 | 732,43 | 3,50 | 209,27 |
| | | | | | | | | **2,244** | | | | | **21,04** | **76,55** | **4,94** | | | | **738,20** | **3,70** | **200,06** |
| 2A | 66,17 | 7,92 | 7,34 | 1169,01 | 1174,91 | 657,36 | 517,55 | 2,259 | 2,361 | 16,206 | 79,4709 | 4,323 | 20,53 | 78,94 | 4,32 | 56 | 814,42 | 1,00 | 811,91 | 3,65 | 222,44 |
| 2B | 65,78 | 7,92 | 7,34 | 1180,87 | 1187,96 | 662,91 | 525,05 | 2,249 | 2,361 | 16,137 | 79,1305 | 4,733 | 20,87 | 77,32 | 4,73 | 57 | 828,97 | 0,99 | 821,09 | 3,55 | 231,29 |
| 2C | 65,82 | 7,92 | 7,34 | 1175,46 | 1182,56 | 660,21 | 522,35 | 2,250 | 2,361 | 16,146 | 79,1751 | 4,679 | 20,82 | 77,53 | 4,68 | 54 | 785,34 | 0,96 | 757,19 | 3,95 | 191,69 |
| | | | | | | | | **2,253** | | | | | **20,74** | **77,93** | **4,58** | | | | **796,73** | **3,72** | **215,14** |
| 3A | 70,31 | 7,96 | 7,37 | 1186,23 | 1194,55 | 663,08 | 531,47 | 2,232 | 2,360 | 16,080 | 78,504 | 5,416 | 21,50 | 74,80 | 5,42 | 64 | 930,77 | 0,92 | 858,09 | 3,70 | 231,92 |
| 3B | 66,20 | 7,96 | 7,37 | 1180,19 | 1186,51 | 663,32 | 523,19 | 2,256 | 2,360 | 16,251 | 79,3404 | 4,408 | 20,66 | 78,66 | 4,41 | 57 | 828,97 | 0,93 | 774,67 | 3,75 | 206,58 |
| 3C | 68,43 | 7,96 | 7,37 | 1185,69 | 1185,69 | 668,02 | 517,67 | 2,290 | 2,360 | 16,501 | 80,5601 | 2,939 | 19,44 | 84,88 | 2,94 | 61 | 887,14 | 0,97 | 856,53 | 3,90 | 219,62 |
| | | | | | | | | **2,259** | | | | | **20,53** | **79,45** | **4,25** | | | | **829,76** | **3,78** | **219,37** |
| 4A | 67,79 | 7,97 | 7,38 | 1176,7 | 1177,07 | 653,19 | 523,88 | 2,246 | 2,359 | 16,204 | 78,9931 | 4,803 | 21,01 | 77,14 | 4,80 | 52 | 756,25 | 0,96 | 728,84 | 3,65 | 199,68 |
| 4B | 67,18 | 7,97 | 7,38 | 1166,71 | 1185,4 | 660,52 | 524,88 | 2,223 | 2,359 | 16,036 | 78,1732 | 5,791 | 21,83 | 73,47 | 5,79 | 48 | 698,08 | 0,91 | 636,59 | 3,80 | 167,52 |
| 4C | 67,44 | 7,97 | 7,38 | 1179,97 | 1179,97 | 670,22 | 509,75 | 2,315 | 2,359 | 16,699 | 81,4083 | 1,893 | 18,59 | 89,82 | 1,89 | 49 | 712,62 | 0,96 | 687,62 | 3,95 | 174,08 |
| | | | | | | | | **2,261** | | | | | **20,48** | **80,14** | **4,16** | | | | **684,35** | **3,80** | **180,43** |
| 5A | 67,00 | 7,96 | 7,37 | 1173,43 | 1180,5 | 660,38 | 520,12 | 2,256 | 2,360 | 16,253 | 79,3516 | 4,395 | 20,65 | 78,72 | 4,39 | 47 | 683,53 | 0,88 | 600,23 | 3,70 | 162,22 |
| 5B | 66,80 | 7,96 | 7,37 | 1177,76 | 1182,27 | 660,82 | 521,45 | 2,259 | 2,360 | 16,272 | 79,4412 | 4,287 | 20,56 | 79,15 | 4,29 | 51 | 741,71 | 0,96 | 711,85 | 3,95 | 180,22 |
| 5C | 66,65 | 7,96 | 7,37 | 1179,43 | 1183,43 | 665,48 | 517,95 | 2,277 | 2,360 | 16,405 | 80,0915 | 3,504 | 19,91 | 82,40 | 3,50 | 48 | 698,08 | 0,95 | 663,48 | 3,90 | 170,12 |
| | | | | | | | | **2,264** | | | | | **20,37** | **80,09** | **4,06** | | | | **658,52** | **3,85** | **170,85** |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

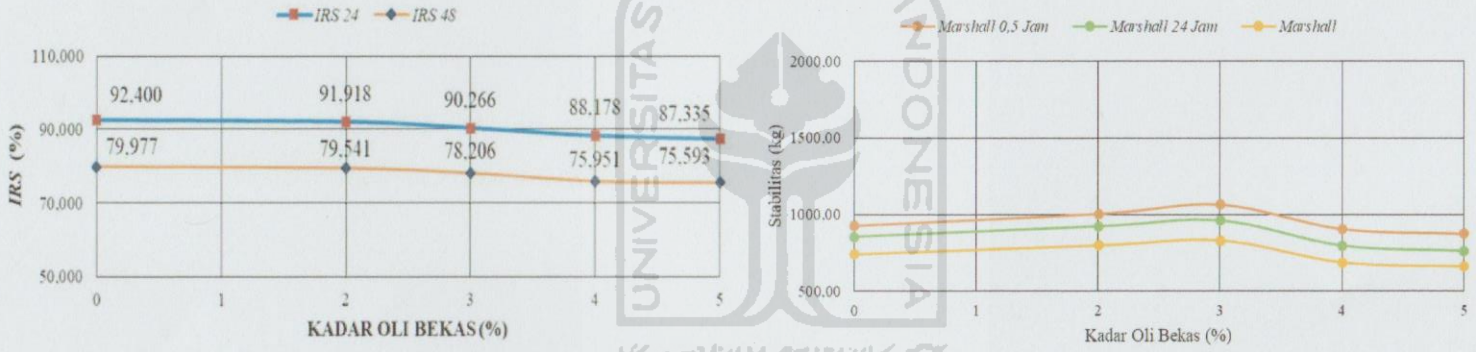
**Lampiran 29 Grafik Perbandingan Hasil Pengujian *IRS 24* Jam dan *IRS 48* Jam dengan KAO**

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

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

**GRAFIK *IRS* 24 JAM & *IRS* 48 JAM**




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 30 Pengujian *Indirect Tensile Strength* 1 *Uncondition* dari Hasil KAO**

## PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* 1 *UNCONDITION* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 4 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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^2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | t1 | t2 | t3 | mm | cm | Angka koreksi | Arloji Stab. | Stab. * Kalibrasi | Stabilitas (kg) | | |
| 0 | 7,34 | A | 10 | | | | | | | | | | | |
| | | B | 10 | 66,02 | 66,24 | 65,62 | 65,96 | 6,596 | 0,944 | 40 | 795,408 | 750,766 | 0,159 | 18,098 |
| | | C | 10 | 66,54 | 66,33 | 65,79 | 66,22 | 6,622 | 0,939 | 38 | 755,638 | 709,544 | 0,159 | 17,037 |
| | | | | | | | | | | | | 730,155 | | 17,567 |
| 2 | 7,34 | A | 10 | 67,14 | 67,85 | 68,06 | 67,68 | 6,768 | 0,905 | 44 | 874,949 | 792,193 | 0,159 | 18,610 |
| | | B | 10 | | | | | | | | | | | |
| | | C | 10 | 67,29 | 66,67 | 66,52 | 66,83 | 6,683 | 0,922 | 41 | 815,293 | 751,887 | 0,159 | 17,890 |
| | | | | | | | | | | | | 772,040 | | 18,250 |
| 3 | 7,37 | A | | | | | | | | | | | | |
| | | B | 10 | 65,06 | 65,22 | 65,68 | 65,32 | 6,532 | 0,960 | 41 | 815,293 | 782,834 | 0,159 | 19,056 |
| | | C | 10 | 64,45 | 64,05 | 64,87 | 64,46 | 6,446 | 0,976 | 38 | 755,638 | 737,565 | 0,159 | 18,194 |
| | | | | | | | | | | | | 760,200 | | 18,625 |
| 4 | 7,38 | A | 10 | 66,33 | 66,44 | 66,66 | 66,48 | 6,648 | 0,934 | 38 | 755,638 | 705,907 | 0,159 | 16,884 |
| | | B | 10 | 67,45 | 65,79 | 67,13 | 66,79 | 6,679 | 0,923 | 40 | 795,408 | 734,186 | 0,159 | 17,478 |
| | | C | 10 | 64,66 | 65,36 | 65,38 | 65,13 | 6,513 | 0,964 | 42 | 835,178 | 805,34 | 0,159 | 19,659 |
| | | | | | | | | | | | | 748,477 | | 18,007 |
| 5 | 7,37 | A | 10 | 66,91 | 66,39 | 67,21 | 66,84 | 6,684 | 0,927 | 41 | 815,29 | 756,133 | 0,159 | 17,988 |
| | | B | 10 | 67,23 | 67,33 | 67,98 | 67,51 | 6,751 | 0,907 | 40 | 795,41 | 721,601 | 0,159 | 16,994 |
| | | C | 10 | 68,13 | 69,70 | 68,52 | 68,78 | 6,878 | 0,884 | 38 | 755,638 | 668,306 | 0,159 | 15,449 |
| | | | | | | | | | | | | 715,347 | | 16,810 |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 31 Pengujian *Indirect Tensile strength* 2 *Condition* dengan KAO**

## PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* 2 *CONDITION* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Rabu, 8 Januari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
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^2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | t1 | t2 | t3 | mm | cm | Angka koreksi | Arloji Stab. | Stab. * Kalibrasi | Stabilitas (kg) | | |
| 0 | 7,34 | A | 10 | 66,8 | 66,71 | 66,54 | 66,68 | 6,668 | 0,925 | 35 | 695,982 | 644,037 | 0,159 | 15,356 |
| | | B | 10 | 66,41 | 65,92 | 66,45 | 66,26 | 6,626 | 0,938 | 32 | 636,326 | 597,033 | 0,159 | 14,327 |
| | | C | 10 | 66,5 | 66,32 | 66,37 | 66,40 | 6,640 | 0,936 | 31 | 616,441 | 576,796 | 0,159 | 13,813 |
| | | | | | | | | | | | | 605,956 | | 14,499 |
| 2 | 7,34 | A | 10 | 66,97 | 66,92 | 66,94 | 66,94 | 6,694 | 0,924 | 35 | 695,982 | 643,029 | 0,159 | 15,273 |
| | | B | 10 | 65,89 | 65,15 | 64,98 | 65,34 | 6,534 | 0,960 | 38 | 755,638 | 725,223 | 0,159 | 17,648 |
| | | C | 10 | 66,35 | 66,19 | 65,75 | 66,10 | 6,610 | 0,941 | 31 | 616,441 | 580,264 | 0,159 | 13,959 |
| | | | | | | | | | | | | 649,505 | | 15,626 |
| 3 | 7,37 | A | 10 | 65,44 | 65,65 | 65,66 | 65,58 | 6,558 | 0,951 | 35 | 695,982 | 661,835 | 0,159 | 16,046 |
| | | B | 10 | 66,78 | 66,28 | 66,84 | 66,63 | 6,663 | 0,926 | 35 | 695,982 | 644,798 | 0,159 | 15,386 |
| | | C | 10 | 66,15 | 65,90 | 66,23 | 66,09 | 6,609 | 0,941 | 37 | 735,752 | 692,619 | 0,159 | 16,662 |
| | | | | | | | | | | | | 666,418 | | 16,031 |
| 4 | 7,38 | A | 10 | 67,81 | 66,89 | 67,71 | 67,47 | 6,747 | 0,911 | 35 | 695,98 | 633,87 | 0,159 | 14,938 |
| | | B | 10 | 67,31 | 67,39 | 67,37 | 67,36 | 6,736 | 0,914 | 34 | 676,10 | 617,67 | 0,159 | 14,581 |
| | | C | 10 | 67,53 | 66,14 | 67,50 | 67,06 | 6,706 | 0,921 | 36 | 715,87 | 659,37 | 0,159 | 15,635 |
| | | | | | | | | | | | | 636,970 | | 15,051 |
| 5 | 7,37 | A | 10 | 66,39 | 66,68 | 66,07 | 66,38 | 6,64 | 0,94 | 35 | 695,98 | 652,83 | 0,159 | 15,637 |
| | | B | 10 | 69,01 | 69,55 | 68,79 | 69,12 | 6,91 | 0,87 | 31 | 616,44 | 536,05 | 0,159 | 12,332 |
| | | C | 10 | 67,95 | 67,89 | 67,75 | 67,86 | 6,79 | 0,90 | 32 | 636,33 | 573,28 | 0,159 | 13,432 |
| | | | | | | | | | | | | 594,439 | | 13,800 |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

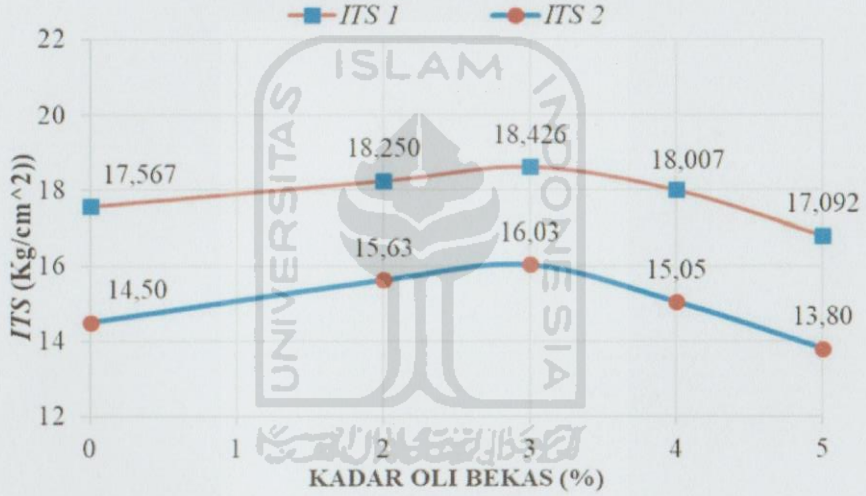
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 32 Grafik Pengujian *Indirect Tensile Strength* 1 *Uncondition* dan 2 *Condition* dengan KAO**

**GRAFIK PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* 1 *UNCODITION* DAN *2 CONDITION* DENGAN KAO**

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11
Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

**GRAFIK *INDIRECT TENSILE STRENGTH***




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 33 Rekapitulasi Perhitungan *Tensile Strength Ratio***

## REKAPITULASI PERHITUNGAN *TENSILE STRENGTH RATIO*

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

| Kadar Peremaja Oli Bekas (%) | *ITS* 1 (Kg/cm^2) | *ITS* 2 (Kg/cm^2) | *TSR (%)* |
|---|---|---|---|
| 0 | 17,567 | 14,499 | 82,532 |
| 2 | 18,250 | 15,626 | 85,625 |
| 3 | 18,625 | 16,031 | 86,075 |
| 4 | 18,007 | 15,051 | 83,583 |
| 5 | 16,810 | 13,800 | 82,093 |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

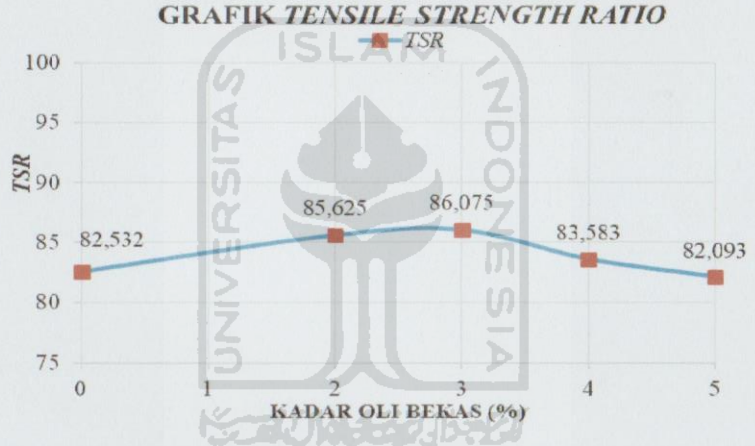
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung Kit. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 34 Grafik *Tensile Strength Ratio***

## GRAFIK *TENSILE STRENGTH RATIO*

Tanggal Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 35 Pengujian *Cantabro* dari Hasil KAO**

## PENGUJIAN *CANTABRO* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : Senin, 9 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

| Kadar Oli Bekas (%) | Sampel | Berat Benda Uji (gram) | | Berat Sebelum Di Abrasi (gram) | Kehilangan Berat (%) | Rata-rata Kehilangan Berat (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mo | Mi | (Mo-Mi) | L | |
| 0 | 1 | 1190,46 | 1170,61 | 19,85 | 1,6674 | 3,2757 |
| | 2 | 1176,15 | 1125,11 | 51,04 | 4,3396 | |
| | 3 | 1180,56 | 1135,46 | 45,1 | 3,8202 | |
| 2 | 1 | 1168,4 | 1130,23 | 38,17 | 3,2669 | 2,9712 |
| | 2 | 1176,36 | 1131,59 | 44,77 | 3,8058 | |
| | 3 | 1175,55 | 1153,91 | 21,64 | 1,8408 | |
| 3 | 1 | 1186,43 | 1155,89 | 30,54 | 2,5741 | 2,8746 |
| | 2 | 1174,53 | 1140,53 | 34 | 2,8948 | |
| | 3 | 1171,21 | 1134,26 | 36,95 | 3,1549 | |
| 4 | 1 | 1173,11 | 1129,3 | 43,81 | 3,7345 | 3,3620 |
| | 2 | 1170,87 | 1136,18 | 34,69 | 2,9628 | |
| | 3 | 1163,25 | 1123,83 | 39,42 | 3,3888 | |
| 5 | 1 | 1184,31 | 1137,98 | 46,33 | 3,9120 | 4,2595 |
| | 2 | 1175,21 | 1123,57 | 51,64 | 4,3941 | |
| | 3 | 1188,81 | 1135,64 | 53,17 | 4,4725 | |

Yogyakarta, 26 April 2020

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

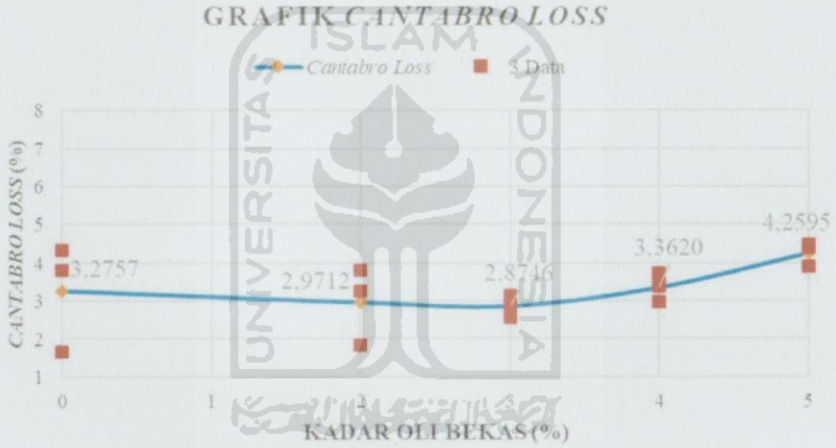
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 36 Hasil Grafik Pengujian *Cantabro* dengan KAO**

## HASIL GRAFIK PENGUJIAN *CANTABRO* DENGAN KAO

Tanggal Pengujian : Senin, 9 Desember 2019
Tipe Campuran : *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11

Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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 24 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas**

**PENGUJIAN DURABILITAS IDK DAN IDP 24 JAM PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* DENGAN SUBTITUSI AGREGAT HALUS PASIR PANTAI**

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019 Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

| Kadar Oli Bekas(%) | Immersion (Jam) | Nilai IKS (%) | Nilai IDP (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0,5 | 100 | 0,323 |
| | 24 | 92,40 | |
| 2 | 0,5 | 100 | 0,344 |
| | 24 | 91,92 | |
| 3 | 0,5 | 100 | 0,414 |
| | 24 | 90,27 | |
| 4 | 0,5 | 100 | 0,503 |
| | 24 | 88,18 | |
| 5 | 0,5 | 100 | 0,539 |
| | 24 | 87,34 | |

| Kadar Oli Bekas (%) | *Immersion* (Jam) | Nilai IKS (%) | Penurunan (%) | Waktu (Jam) | IDK (%) | Sa (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,5 | 100 | 7,60 | 24,5 | 3,721 | 96,279 |
| | 24 | 92,40 | | | | |
| 2 | 0,5 | 100 | 8,08 | 24,5 | 4,125 | 95,875 |
| | 24 | 91,92 | | | | |
| 3 | 0,5 | 100 | 9,73 | 24,5 | 4,968 | 95,032 |
| | 24 | 90,27 | | | | |
| 4 | 0,5 | 100 | 11,82 | 24,5 | 6,034 | 93,966 |
| | 24 | 88,18 | | | | |
| 5 | 0,5 | 100 | 12,66 | 24,5 | 6,464 | 93,536 |
| | 24 | 87,34 | | | | |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 38 Grafik Pengujian Durabilitas 48 Jam pada Campuran SMA dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas**

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

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019 Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
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 | 0,838 |
| | 48 | 79,98 | |
| 2 | 24 | 96,37897623 | 0,856 |
| | 48 | 79,54 | |
| 3 | 24 | 94,59993415 | 0,913 |
| | 48 | 78,21 | |
| 4 | 24 | 100 | 1,248 |
| | 48 | 75,95 | |
| 5 | 24 | 100 | 1,279 |
| | 48 | 75,59 | |

| Kadar Oli Bekas (%) | *Immersion* (Jam) | Nilai IKS (%) | Penurunan (%) | Waktu (Jam) | IDK/A (%) | Sa (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,5 | 100 | 20,02 | 48,5 | 9,908 | 90,092 |
| | 48 | 79,98 | | | | |
| 2 | 0,5 | 100 | 20,46 | 48,5 | 10,123 | 89,877 |
| | 48 | 79,54 | | | | |
| 3 | 0,5 | 100 | 21,79 | 48,5 | 10,784 | 89,216 |
| | 48 | 78,21 | | | | |
| 4 | 0,5 | 100 | 24,05 | 48,5 | 11,899 | 88,101 |
| | 48 | 75,95 | | | | |
| 5 | 0,5 | 100 | 24,41 | 48,5 | 12,077 | 87,923 |
| | 48 | 75,59 | | | | |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

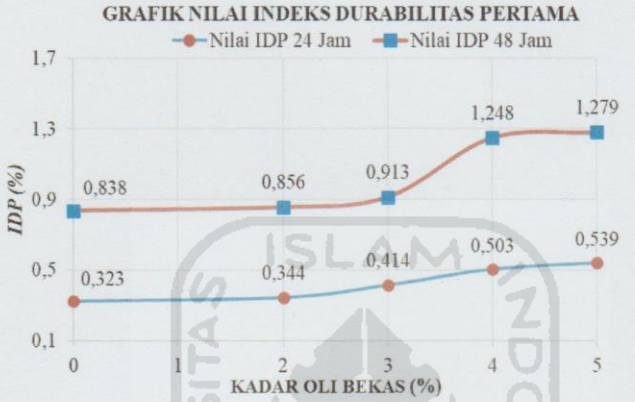
(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

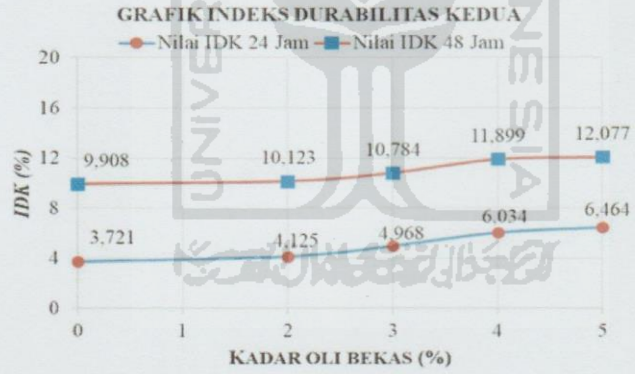
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

**Lampiran 39 Grafik Pengujian Durabilitas 24 Jam dan 48 Jam pada Campuran *SMA* dengan Serat Serabut Kelapa dan Variasi Peremaja Oli Bekas**

**GRAFIK PENGUJIAN IDK DAN IDP 24 JAM DAN 48 JAM PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* DENGAN SERAT SERABUT KELAPA DAN VARIASI PEREMAJA OLI BEKAS**

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019 Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D




Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 40 Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova (Test of Homogenity of variances)***

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

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019 Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

| *Test of Homogeneity of Variances* | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *Levene Statistic* | *df1* | *df2* | *Sig.* |
| Nilai Stabilitas | 1.436 | 4 | 10 | .292 |
| Nilai *Flow* | .909 | 4 | 10 | .495 |
| Nilai *MQ* | .801 | 4 | 10 | .552 |
| Nilai *VMA* | 2.065 | 4 | 10 | .161 |
| Nilai *VFWA* | 1.999 | 4 | 10 | .171 |
| Nilai *VITM* | 1.883 | 4 | 10 | .190 |
| Nilai *Density* | 1.594 | 4 | 10 | .250 |
| Nilai *IRS* 24 jam | 1.480 | 4 | 10 | .280 |
| Nilai *IRS* 48 Jam | .156 | 4 | 10 | .956 |
| Nilai *ITS* | .949 | 4 | 8 | .484 |
| Uji *Cantabro* | 4.213 | 4 | 10 | .030 |
| *ITS* 24JAM | 1.877 | 4 | 10 | .191 |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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

**Lampiran 41 Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova***

**HASIL ANALISIS STATSTIK PENGUJIAN DENGAN *ANOVA***

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Febuari 2019 Dikerjakan Oleh: Tnorth Adhitiya Prayuda
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

**ANOVA**

| | | *Sum of Squares* | *df* | *Mean Square* | *F* | *Sig.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nilai Stabilitas | *Between Groups* | 72962.110 | 4 | 18240.528 | 29.333 | .000 |
| | *Within Groups* | 6218.521 | 10 | 621.852 | | |
| | Total | 79180.632 | 14 | | | |
| Nilai *Flow* | *Between Groups* | .033 | 4 | .008 | .833 | .534 |
| | *Within Groups* | .100 | 10 | .010 | | |
| | Total | .133 | 14 | | | |
| Nilai *MQ* | *Between Groups* | 6069.004 | 4 | 1517.251 | 18.751 | .000 |
| | *Within Groups* | 809.140 | 10 | 80.914 | | |
| | Total | 6878.143 | 14 | | | |
| Nilai *VMA* | *Between Groups* | .039 | 4 | .010 | .696 | .612 |
| | *Within Groups* | .142 | 10 | .014 | | |
| | Total | .181 | 14 | | | |
| Nilai *VFWA* | *Between Groups* | 2.036 | 4 | .509 | 1.647 | .238 |
| | *Within Groups* | 3.089 | 10 | .309 | | |
| | Total | 5.125 | 14 | | | |
| Nilai *VITM* | *Between Groups* | .115 | 4 | .029 | 1.381 | .308 |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173

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 41. Hasil Analisis Statistik Pengujian dengan *Anova***

## HASIL ANAISIS STATSTIK PENGUJIAN DENGAN *ANOVA*

Tahun Pengujian : Rabu, 5 Februari 2019 Dikerjakan Oleh : Tnorth Adhitiya Prayuda
Campuran : *Split Mastic Asphalt* Diperiksa Oleh : MiftahulFauziah,S.T.,M.T.,Ph.D

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Within Groups* | .208 | 10 | .021 | | |
| | Total | .323 | 14 | | | |
| Nilai *Density* | *Between Groups* | .000 | 4 | .000 | .852 | .524 |
| | *Within Groups* | .000 | 10 | .000 | | |
| | Total | .000 | 14 | | | |
| Nilai *IRS* 24 jam | *Between Groups* | 82123.606 | 4 | 20530.902 | 17.962 | .000 |
| | *Within Groups* | 11430.438 | 10 | 1143.044 | | |
| | Total | 93554.044 | 14 | | | |
| Nilai I*RS* 48 Jam | *Between Groups* | 63015.854 | 4 | 15753.963 | 7.404 | .005 |
| | *Within Groups* | 21278.410 | 10 | 2127.841 | | |
| | Total | 84294.264 | 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* | 3.607 | 4 | .902 | 1.340 | .321 |
| | *Within Groups* | 6.729 | 10 | .673 | | |
| | Total | 10.336 | 14 | | | |
| *ITS* 24JAM | *Between Groups* | 9.449 | 4 | 2.362 | 1.546 | .262 |
| | *Within Groups* | 15.281 | 10 | 1.528 | | |
| | Total | 24.729 | 14 | | | |

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

(Ir. Subarkah, M.T)

Yogyakarta, 26 April 2020
Peneliti,

(Tnorth Adhitiya Prayuda)
15511173